

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Fakulta tělesné výchovy a sportu**

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

**Praha 2013**

**PhDr. Michal MAŠEK**

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
Fakulta tělesné výchovy a sportu



# **HYPERKAPNIE A DIFUSE PLYNŮ VE SNĚHOVÉ LAVINĚ**

**(Změny funkčních parametrů jedinců v krizové situaci)**

## **HYPERCAPNIA AND DIFFUSION OF GASES IN AVALANCHE**

**(Changes in functional parameters of individuals in a crisis situation)**

Disertační práce

Obor: Kinantropologie

Školící pracoviště: UK FTVS v Praze, Katedra fyziologie a biochemie

**PhDr. Michal MAŠEK**

Školitel: doc. MUDr. Staša BARTŮŇKOVÁ, CSc.

Konzultant specialista: Ing. Ladislav SIEGER, CSc.

PRAHA 2013

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně pod vedením školitelky  
doc. MUDr. Staši Bartůňkové, CSc. a konzultanta specialisty Ing. Ladislava Siegra, CSc.,  
a že jsem uvedl všechny použité literární a odborné zdroje.

V Praze dne 1. listopadu 2013

PhDr. Michal MAŠEK

SVOLENÍ:

Souhlasím se zapůjčením své disertační práce ke studijním účelům. Prosím, aby byla vedena evidence vypůjčovatelů, kteří budou pramen literatury řádně citovat.

<u>Jméno a příjmení</u>	<u>Číslo OP</u>	<u>Datum vypůjčení</u>	<u>Poznámka</u>

### Poděkování:

Chtěl bych vyjádřit poděkování doc. MUDr. Staše Bartůňkové, CSc. a Ing. Ladislavu Siegrovi, CSc. za odborné vedení při zpracovávání tohoto tématu. Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům Katedry biomedicínské techniky Fakulty biomedicínského inženýrství, ČVÚT v Praze, kteří mi poskytli cenné rady z oblasti plicní ventilace a pomohli zajistit měřicí aparaturu a přístroje a v neposlední řadě mjr. Mgr. Karlu Sýkorovi, který mě k uvedené problematice přivedl. Bez těchto osob by tato práce nikdy nevznikla.

## Abstrakt

**Název:** Hyperkapnie a difuze plynů ve sněhové lavině - (Změny funkčních parametrů jedinců v krizové situaci)

**Cíle práce:** Cílem studie bylo kontinuální sledování kompenzačních mechanismů, zejména změn ventilačně-respiračních ukazatelů, v simulované sněhové lavině.

**Metoda:** K získání dat byl použit experiment a nestandardizovaný dotazník. Výběr souboru byl vzhledem ke sledované problematice přísně selektivní. Výzkumu se účastnilo 22 probandů, ale po analýze dat bylo pro nesplnění požadovaných kritérií 11 osob vyřazeno. Soubor tedy tvořilo 11 zdravých mužů průměrného věku 25,3 let. Před vlastním experimentem byla pomocí osobního spirometru testována senzitivita na hyperkapnii a hypoxii (výdrž v apnoii) a dechová zdatnost (vitální kapacita plic s usilovným výdechem). Experimentální situaci představovalo jak dýchání do uzavřeného objemu (8 l), tak do vytvořené vzduchové kapsy ve sněhu (400 ml). Kontinuální záznamy oběhových funkcí (srdeční frekvence, krevní tlak) a ventilačně-respiračních parametrů (dechová frekvence, dechový objem, minutová ventilace, obsah O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> ve vdechovaném a vydechovaném vzduchu, odpor při výdechu a saturace krve kyslíkem) byly snímány patientským monitorem DATEX Ohmeda. Vzhledem k charakteru dat byla využita analýza rozptylu při opakovaném měření se dvěma faktory (dvoucestná ANOVA).

**Výsledky:** Disertační práce byla pojata jako pilotní studie, určená pro potřeby dalších výzkumů zabývajících se podobnou tematikou, tzn. přežitím člověka pod sněhovou lavinou. Byly vypracovány technické postupy jak simulovat dýchání ve sněhu při současné eliminaci rizikové hypotermie. Srovnáním výsledků dvou experimentálních situací - dýchání do uzavřeného objemu a do vzduchové kapsy ve sněhu - byly potvrzeny hypotézy o možnostech difusibility respiračních plynů ve sněhu s limitací přežití danou velikostí sněhové kapsy. Objevily se interindividuální rozdíly ve způsobech dýchání a v možnostech jejího „prodýchnutí“.

Získané výsledky mají svá omezení vycházející ze specificky různých experimentálních podmínek a z reakcí zdravých, fyzicky i psychicky zdatných jedinců.

**Klíčová slova:** sněhová lavina, asfyxie, hypoxie, hyperkapnie, přežití, difuze, konvekce, vzduchová kapsa

## **Abstract**

**Title:** Hypercapnia and diffusion of gases in avalanche - (Changes in functional parameters of individuals in a crisis situation)

**The aim of the work:** The aim of this study was a continual monitoring of compensation mechanisms, in particular, changes of ventilation-respiratory indicators in simulated avalanche.

**Method:** Experiment and non-standard questionnaire were used to obtain data. Choice of the team was, due to subject matter, strictly selective. 22 individuals took place in this research, but 11 of them were rejected after the data had been analyzed, because of not fulfilling required criteria. The team was comprised by 11 healthy men of average age of 25,3. Before the experiment itself, sensitivity to hypercapnia and hypoxia (in - breath endurance) and respiratory efficiency (vital capacity of the lungs with forced exhalation) with the aid of personal spirometer was done. Experimental situation represented both, breathing into closed space (8 l) and into a created air pocket in snow (400 ml). Continual notations of circulatory functions (heart frequency, blood pressure) and ventilation-respiratory parameters (breath frequency, breath volume, minute ventilation, O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> content in inhaled and exhaled air, exhalation resistance and saturation of blood with oxygen) were monitored by patient monitor DATEX Ohmeda. Due to the data character, analysis of variance was used during a repeated measurement with two factors (two- way ANOVA).

**Results:** This dissertation thesis was held as a pilot study, for the needs of further researches dealing with a similar topic, ie. the subject of human survival under avalanche. Technical procedures, of how to simulate breathing in snow while eliminating the risks of hypothermia, were evolved. Hypothesis about possibilities of diffusibility of respiratory gases in snow with the limitation of survival given by the size of air pocket were confirmed by comparison of two experimental situations – breathing into closed space and into air pocket in snow. Inter - individual differences in ways of breathing and possibilities of 'breath through' appeared.

The gained results have their limitations rising from specifically different experimental conditions and from reactions of healthy, physically and mentally efficient individuals.

**Key words:** avalanche, asphyxiation, hypoxia, hypercapnia, survival, diffusion, convection, air pocket

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>TEORETICKÝ RÁMEC STUDIE.....</b>	<b>11</b>
2.1	PLÁNOVÁNÍ VYSOKOHORSKÉ TÚRY A ROZHODOVACÍ STRATEGIE.....	11
2.1.1	<i>Redukční metoda.....</i>	<i>11</i>
2.1.2	<i>STOP or GO.....</i>	<i>12</i>
2.1.3	<i>Snow Card.....</i>	<i>14</i>
2.1.4	<i>Nivo test .....</i>	<i>16</i>
2.1.5	<i>Metoda filtru 3x3 Wernera Müntera .....</i>	<i>16</i>
2.2	LAVINY .....	19
2.2.1	<i>Dělení sněhových lavin .....</i>	<i>20</i>
2.2.1.1	<i>Dělení lavin podle typu ledu .....</i>	<i>20</i>
2.2.1.2	<i>Dělení lavin podle velikosti .....</i>	<i>23</i>
2.2.2	<i>Stupnice lavinového nebezpečí.....</i>	<i>23</i>
2.2.3	<i>Faktory vzniku lavin.....</i>	<i>25</i>
2.2.4	<i>Činnost po odtržení laviny .....</i>	<i>26</i>
2.2.5	<i>Následky zasažení lavinou .....</i>	<i>28</i>
2.2.6	<i>Pravděpodobnost přežití pod lavinou .....</i>	<i>30</i>
2.2.7	<i>Záchranné prostředky .....</i>	<i>33</i>
2.3	FYZIOLOGIE DÝCHÁNÍ .....	33
2.3.1	<i>Ventilační a respirační funkce .....</i>	<i>33</i>
2.3.2	<i>Regulace dýchání.....</i>	<i>36</i>
2.4	VÝZKUMNÉ AKTIVITY .....	38
2.5	SHRNUTÍ SOUČASNÝCH POZNATKŮ.....	39
2.6	ZDŮVODNĚNÍ, VÝZNAM A POTŘEBA STUDIE .....	39
<b>3</b>	<b>METODOLOGICKÁ ČÁST.....</b>	<b>41</b>
3.1	CÍLE, VÝZKUMNÉ OTÁZKY, HYPOTÉZY A ÚKOLY PRÁCE .....	41
3.1.1	<i>Cíl práce .....</i>	<i>41</i>
3.1.2	<i>Výzkumné otázky.....</i>	<i>41</i>
3.1.3	<i>Hypotézy.....</i>	<i>41</i>
3.1.4	<i>Úkoly práce.....</i>	<i>41</i>
3.2	OMEZENÍ STUDIE .....	42
3.3	METODOLOGIE VÝZKUMU .....	43
3.3.1	<i>Pilotní studie .....</i>	<i>43</i>
3.3.2	<i>Výběr výzkumné metody.....</i>	<i>43</i>
3.3.3	<i>Časová osa realizace výzkumu.....</i>	<i>44</i>
3.3.4	<i>Charakteristika výzkumného souboru.....</i>	<i>45</i>
3.3.5	<i>Zajištění bezpečnosti.....</i>	<i>46</i>



3.3.6	<i>Průběh testování</i>	47
3.3.7	<i>Měřená data a měřicí přístroje</i>	49
3.3.8	<i>Organizace sběru, získání a zpracování dat</i>	50
3.3.9	<i>Analýza a statistické zpracování dat</i>	50
3.3.10	<i>Řešení zvláštních situací</i>	51
<b>4</b>	<b>VÝSLEDKOVÁ ČÁST</b>	<b>53</b>
4.1	VÝSLEDKY MĚŘENÝCH DAT	53
4.1.1	<i>Základní měření</i>	53
4.1.2	<i>Funkční měření</i>	53
4.1.3	<i>Měření sněhových a klimatických podmínek</i>	54
4.1.4	<i>Dýchání do uzavřeného objemu a dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu</i>	55
4.2	VYHODNOCENÍ DOTAZNÍKU	62
<b>5</b>	<b>DISKUSE</b>	<b>65</b>
5.1	ZHODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍHO SOUBORU	65
5.2	ANALÝZA VÝSLEDKŮ	65
5.3	SROVNÁNÍ S JINÝMI VÝZKUMY	71
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>74</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÉ SYMBOLY A ZKRATKY</b>	<b>75</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>78</b>
8.1	SEZNAM TABULEK	78
8.2	SEZNAM OBRÁZKŮ	78
8.3	SEZNAM GRAFŮ	78
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>80</b>
<b>10</b>	<b>PŘÍLOHY</b>	<b>87</b>
10.1	SEZNAM PŘÍLOH	87
10.2	ŽÁDOST O VYJÁDŘENÍ ETICKÉ KOMISE UK FTVS	88
10.3	INFORMOVANÝ SOUHLAS PROBANDA	89
10.4	STATISTIKA LAVINOVÝCH NEHOD VE SVĚTĚ	90
10.5	FOTODOKUMENTACE EXPERIMENTU	93
10.6	NAMĚŘENÁ DATA	99

# 1 Úvod

Poslední dobou, zejména na přelomu dvacátého a jednadvacátého století, začalo docházet k prudkému rozvoji různých sportovních odvětví. Je tomu tak i v případě vysokohorské turistiky, horolezectví, skialpinismu a dalších outdoorových sportů. Tento stav je způsoben především zvýšenou industrializací od konce druhé světové války a neustálém zdokonalování materiálů využívaných ke sportovním aktivitám. Tyto aktivity nejsou již zdaleka výsadou úzké skupiny lidí, vrcholových sportovců, horolezců nebo místních horalů, kteří oblast dobře znají, nýbrž zaznamenaly ohromný rozmach i mezi běžnou populací. Tomuto trendu také výrazně napomáhá tzv. „zkracování vzdáleností“, lepší finanční dostupnost sportovního náčiní, masové využívání internetu a s tím spojená informovanost o nových sportovních aktivitách a jejich následném využití.

Za výraznou součást turistiky a pohybu v zimní krajině je považován skialpinismus. Při této sportovní aktivitě se člověk pohybuje v překrásné zimní přírodě, daleko od civilizace, nestíhán starostmi všedního života. Je to však také sport, při kterém hrozí určitá rizika. Člověk jenž se pohybuje ve vysokých nadmořských výškách musí prokázat nejen své schopnosti a dovednosti, ale v některých případech překonávat sám sebe, neboť při pohybu v horách si lze často sáhnout až na dno svých fyzických, i psychických sil. Vysokohorská turistika, ať na lyžích, sněžnicích, mačkách nebo jen pěšky je velmi atraktivní, právě pro intenzivní pocit svobody a nespoutanosti, který lze v zimní krajině daleko od vymožeností moderní civilizace prožít.

Ten kdo se chce věnovat těmto aktivitám by měl mít patřičné znalosti a dovednosti, neboť pohyb v horách sebou přináší spoustu rizik. Jeden z nejvážnějších problémů, který existuje v horách v zimním období, je lavinové nebezpečí. Je často podceňováno, ačkoli v lavině každoročně přijde o život několik desítek osob. Každý, kdo se pohybuje v místech, kde hrozí možnost pádu laviny, by měl velmi dobře znát postup po jejím stržení a především vědět jak nebezpečí rozpoznat, jak se mu vyhnout, kudy a jak volit cestu v oblasti lavinových svahů, či vědět, jak se zachovat v případě, že se do laviny dostane.

Šance nezraněného člověka na přežití pod lavinou jsou spojeny s problematikou hyperkapnie a hypotermie. Vzduchu je v prachovém sněhu dostatek, problémem je zvyšující se koncentrace  $\text{CO}_2$  v okolí dýchacích cest. Ze statistik vyplývá, že více než 50 % lidí, kteří byli zasypáni lavinou nepřežije. Pro přežití v lavině je tedy kromě rizika hypotermie rozhodující existence vzduchové kapsy a možnosti difuze  $\text{CO}_2$ .

Dosavadní česká odborná literatura poskytuje pouze velice obecné informace o pobytu člověka pod sněhovou lavinou. Pro chování člověka v lavině jsou doporučované obecné postupy, které většinou vycházejí ze zpracovaných kasuistik. Výzkumným aktivitám v této oblasti nebyla zatím u nás, oproti alpským zemím, věnována dostatečná pozornost.

Problematika lavinového nebezpečí, správného chování se v horách a činnosti po stržení laviny nebo zasypaní masou sněhu je vzhledem k uvedeným skutečnostem velice aktuální. Z důvodu aktuálnosti a atraktivnosti dané tematiky jsem si zvolil disertační práci, která se zabývá změnami ventilačně-respiračních parametrů, fyziologických procesů a kompenzačních mechanismů lidského organismu zasypaného v simulované sněhové lavině v závislosti na čase.

## **2 Teoretický rámec studie**

### **2.1 Plánování vysokohorské túry a rozhodovací strategie**

Naplánování jakékoliv vysokohorské túry vyžaduje značné množství času. Musí být brána v úvahu všechna potenciální rizika a nebezpečí, která z ní plynou. Proto takovéto plánování musí být provedeno předem a s velkou péčí. Jedním ze základních požadavků pro úspěšný návrat je vypracování detailního časového plánu. Z důvodů nepředvídatelných událostí (náhlá změna počasí, pomalý postup skupiny, možné zranění atd.) musí být do časového plánu zahrnut i rezervní čas (Bulička a kol., 2006).

Obvykle je nutné počítat s 1 hodinou pro mapovou vzdálenost 4 km po rovině nebo 300 výškových metrů pro výstup a nebo 500 výškových metrů pro sestup. Při pohybu na lyžích počítáme s 1 hodinou pro mapovou vzdálenost 5 km po rovině nebo 400 – 500 výškových metrů pro výstup a nebo 600 – 1000 výškových metrů pro sjezd ve volném terénu (Pohl et Schellhammer, 2005). U výstupu a sjezdu na lyžích je rozhodující úroveň lyžařských dovedností.

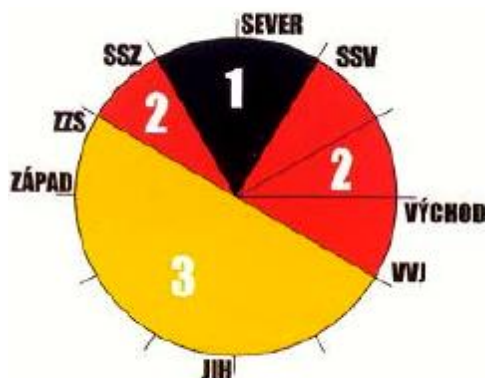
#### **2.1.1 Redukční metoda**

Metoda vyvinutá v SAC Wernerem Münterem v roce 1997 je neocenitelným pomocníkem zejména v rozhodovací fázi regionálního filtru. Jako jediná z metod poskytuje konkrétní výsledek, který přesun doporučí nebo nedoporučí, už právě ve fázi regionálního filtru, tedy na základě informací, které máme k dispozici v průběhu přípravy (Münter, 2003). V kombinaci s metodou 3x3 je téměř nedostižnou kombinací. Stejně jako u STOP or GO je však nutné zvážit faktor lavinového nebezpečí jako prvku vloženého někým druhým.

Hodnotí se několik kritérií – redukčních faktorů (RF) ve vztahu ke stupni lavinového nebezpečí. Každému faktoru jednotlivých kritérií i stupni lavinového nebezpečí je v rozhodovacím procesu přidělena určitá hodnota. Po dosazení hodnot do vzorce pak výsledek přesun doporučí, či nikoli (Münter, 2003).

**Tabulka 1 Kritéria redukční metody (Kořízek, 2006)**

<b>Lavinové nebezpečí</b>		<b>RF prvního stupně – sklon svahu v</b>	
stupeň 1	- 2	nejstrmějším místě	
stupeň 2	- 4	30° – 34°	- 4
stupeň 3	- 8	35°	- 3
stupeň 4	- 16	36° – 39°	- 2
stupeň 5	- 32	přes 40°	- 1
<b>RF druhého stupně –</b>		<b>RF třetího stupně – velikost skupiny</b>	
expozice svahu		velká skupina bez rozestupu (5 a více)	- 1
oblast 1 SZ–SV	- 1	velká skupina s rozestupy (5 a více)	- 2
oblast 2 ZSZ–SZ a SV–VJV	- 2	malá skupina bez rozestupu (do 5 lidí)	- 2
oblast 3 VJV–ZSZ	- 3	malá skupina s rozestupy (do 5 lidí)	- 3
pohyb mimo potenciálně			
lavinové svahy	- 4		
často ježděné svahy	- 2		



$$\text{Vzorec: } \frac{\text{Lavinové nebezpečí}}{(\text{RF 1}) \times (\text{RF 2}) \times (\text{RF 3})} = X$$

Jeli výsledek menší než 1, měla by být trasa relativně bezpečná. Pokud je však vyšší, přesun by se měl odložit, nebo případně zvolit alternativní cíl.

## 2.1.2 STOP or GO

Jednou ze základních rozhodovacích strategií, která vychází z redukční metody je metoda „STOP or GO“ vyvinutá týmem Michaela Larchera z OeAV v roce 1999. Tato metoda patří k zásadním rozhodovacím strategiím určeným především pro skialpinisty, horolezce a další osoby, které se pohybují ve vysokohorském terénu. Je založena na

kontrole a posouzení dvou rizik (Larcher, 1999). *Regionálního* – stupeň lavinového nebezpečí pro oblast a *zonálního* – sledujeme vybrané jevy v našem okolí. Na základě výskytu těchto jevů se pak rozhodujeme, zda jít dále, změnit cíl túry, či ukončit přesun. Výskyt jevů není důvodem pro ukončení přesunu, ale vždy výzvou k důkladnému zhodnocení dané situace (Larcher, 2001).

### **Kontrola 1 (regionální riziko)**

Na úrovni regionální kontroly bereme v úvahu všeobecné lavinové nebezpečí, které je vyjádřeno stupněm lavinového nebezpečí a je stanoveno „průměrně“ pro určitou oblast bez ohledu na lokální podmínky a sklon svahu, jinak řečeno nestanovuje pravděpodobnost uvolnění laviny na jednotlivých svazích. Na pozadí je nutné vidět, že při zvyšujícím se stupni lavinového nebezpečí dramaticky narůstá počet míst v terénu, na kterých může lyžař uvolnit lavinu. Limity, které navrhuje první kontrola vyžadují např., aby při 3. stupni lavinového nebezpečí byl vyloučen pohyb po svazích prudších více než 35°. Kontrolou 1 tedy stanovujeme limitní chování s ohledem na sklon svahu (Larcher, 1999).

### **Kontrola 2 (zonální riziko)**

Používáme ji jako další upřesňující krok při rozhodování. Především tehdy, překročíme-li hranice sklonu svahu vymezující náš „bezpečný prostor“ podle kontroly 1, nebo se naopak necítíme zcela bezpečně na svazích, které podle kontroly 1 bezpečné jsou. Každý svah skrývá jiné nebezpečí. Je výrazný rozdíl mezi nebezpečností svahu na jižní straně, který je pokrytý silnou pevnou vrstvou firnu a stejně prudkým svahem ve stejném údolí (platí zde stejný stupeň lavinového nebezpečí) ovšem s expozicí na sever a navátým sněhem (Larcher, 1999). Proto další posuzování kontroly 2 je především nástrojem k cílenému (úzce lokálnímu) ohodnocení jednotlivých faktorů nebezpečí na něž by se měla zaměřit pozornost pozorovatelů, a nabízí návod, jak podstatné příznaky nebezpečí laviny sledovat i způsob jejich hodnocení. Obsahuje pět příznaků, které jsou naprosto rozdílné, a to jak svou četností výskytu, tak významem. Na prvním místě žebříčku nebezpečnosti je navátý sníh, často v kombinaci s novým sněhem (Larcher, 1999). Už při plánování přesunu bychom měli získat důležité informace o sněhu prostřednictvím pozorného studia předpovědi. Dále hodnotíme dosud uvolněné laviny, provlhnutí sněhové vrstvy a praskání sněhu (Larcher, 2001).

Při řešení dilema STOP or GO je rozhodující osobní ochota přijmout jisté riziko. To patří bezpochyby ke svobodě každého člověka, pokud ovšem zodpovídá jen sám za sebe.

V tomto smyslu je STOP or GO pouze nabídkou jakéhosi systému managementu rizika s poměrně vysokým koeficientem úspěšnosti (Larcher, 2000). Tento systém nabízí pravidla spočívající v jistém omezování. Základním principem by mělo být pro každého člověka na túře pravidlo šťastného návratu.



Obrázek 1 Česká verze karty Stop or Go vydána HS a ČAHV (<http://www.lezec.cz/clanky.php?xtem=&key=2929>)

### 2.1.3 Snow Card

Jedná se o lehkou plastovou kartu s rozměry 10 x 12 cm vyvinutou Martinem Englerem a Janem Merschem z DAV v roce 2000. Na jedné straně karty je takzvaný „zповědník“ v podobě tří zásadních otázek a svahová měřítka pro určování sklonu podle vrstevnic na mapách 1 : 25 000 a 1 : 50 000. Na druhé straně je jednoduchý, snadno čitelný sklonoměr (olovníčka na provázku) pro měření sklonu svahu v terénu a na Snow Card to nejpodstatnější, dva duhové barevné grafy. Vidět je vždy jen jeden nebo druhý graf, podle sklonu destičky, respektive úhlu pohledu. Lze pozorovat buď zeleně orámovaný, pro svahy považované za bezpečné, nebo druhý pro nebezpečné svahy označený červeným rámem. Pak podle situace vybereme odpovídající stupeň lavinového nebezpečí (1, 2, 3, 4 mezinárodní škály, 5 stupeň jako totální stop chybi) a v daném sloupci na průřezu



s vodorovnou linií odpovídající sklonu svahu najdeme jednu ze “semaforových” barev. Zelená říká jdi, oranžová pozor, červená stůj. Chytré převedení pouček a čísel do barev značně usnadňuje a zrychluje vyhodnocení situace, zvyšuje bezpečnost a pomáhá se tak vyvarovat fatálních omylů (Frank, Kublák a kol., 2009).



Obrázek 2 Přední strana karty se 3 otázkami a měřítky pro určování sklonu svahu (<http://www.libreriauniversitaria.it/snow-card-lawinen-risiko-check/buch/9783763360307>)



Obrázek 3 Zadní strana karty se sklonoměrem a dvěma barevnými grafy (<http://www.libreriauniversitaria.it/snow-card-lawinen-risiko-check/buch/9783763360307>)



## 2.1.4 Nivo test

Jedná se o rozhodovací strategii uvedenou ve Francii Robertem Bolognesi v roce 2000. Stejně jako metoda STOP or GO, je i tato strategie určena především pro nejširší, tedy ne zcela odbornou skupinu uživatelů, kteří mají základní povědomí o problematice lavin, ale podrobněji se tématem nezabývají (Bolognesi, 2007).

Nivo test je založen na zodpovězení si 26 přesně cílených otázek, které nezohledňují lavinové nebezpečí či jiné informace poskytnuté cizí osobou. To je ovšem vyváжено nezbytností zvýšené schopnosti pozorovat a vyhodnocovat situace v okolí. Na každou z otázek se odpovídá ANO nebo NE. Každá odpověď ANO znamená přičtení odpovídajícího počtu trestných bodů ke kreditu. Podle konečného kreditu pak dokážeme zjistit situaci související s pokračováním nebo ukončením výstupu. Nevýhodou je, že závěry získáváme a vyhodnocujeme až v průběhu přesunu (Bolognesi, 2007).

**Nivo Test**  
JÁ A FENIKY POLE ROBERTA BOLOGNESI A SEBE  
POKUD ODPOVÍŠ ANO, PŘÍČTI DANOU HODNOTU!

DEŠŤ V PRŮBĚHU POSLEDNÍCH 2 DNÍ? +3  
SNĚŽENÍ > 20 CM V PRŮBĚHU POSLEDNÍCH 3 DNÍ? +3  
TRANSPORT SNĚHU (VĚTREM) V PRŮBĚHU POSLEDNÍCH 5 DNÍ? +3  
TEPLOTA VZDUCHU > 0°C? +1  
SNÍŽENÁ VIDITELNOST? +3

HLUBOKÝ SNĚH (CHODÍC SE PROPADÁ 20 AŽ 40 CM)? +3  
VELKÝ HLUBOKÝ SNĚH (CHODÍC SE PROPADÁ 40 CM A VÍCE)? +3  
VLHKÝ SNĚH (UDELEŽE ZE SNĚHU V POHODĚ KOULI)? +2  
NEPRÁVĚLNÝ SNĚHOVÝ PROFIL? +1  
SNĚH "DUNĚ" NEBO SE VYLAMUJE? +5  
SLABÁ MEZIVRSTVA? +3

\* PRAVDEPODOBNÉ Z KRUP NEBO Z PŘEMĚNĚNÝCH ZRN SNĚHU ÚLOŽENÉHO NA STINNÝCH SVAZÍCH BEHEM JEDNÉ PERIODY S MRAŽIVÝM A JASNÝM POČASEM

LAVINY SESOUVAJÍCÍ SE BĚHEM DNEŠNÍHO DNE? +4  
LAVINY, KTERÉ SPADLY VČERA NEBO PŘEDVČÍREM? +2  
PRASKLINY VYSKYTUJÍCÍ SE VE SNĚHOVÉ POKRÝVCE? +1

CESTA BEZ PŘÍROZENÉ OCHRANY? +4  
EXPONOVANÁ CESTA (LEDOVCOVÉ TRHLINY, SÉRAKY, ...)? +1  
MÁLO POUŽÍVANÁ CESTA? +1  
CESTA V PRUDKÉM SVAHU (30° A VÍCE)? +4  
STRMÉ SVAHY (30° A VÍCE) LEŽÍCÍ NAD CESTOU? +2  
KONVEXNÍ KLENUTÝ STRMÝ SVAH? +1

NEZKUŠENÝ ÚČASTNÍK? +1  
MÁLO FYZICKY ZDATNÝ ÚČASTNÍK? +1  
ÚČASTNÍK BEZ LOPATY, SONDY A LAVINOVÉHO PŘÍSTROJE? +1  
SKUPINA S VÍCE JAK 5 A MĚNĚ JAK 3 ÚČASTNÍKY? +1  
SKUPINA BEZ VZDĚLÁNÍ O ZACHRANĚ V HORÁCH? +1

**VÝSLEDEK JE PLATNÝ POUZE V PŘÍPADĚ, ŽE ODPOVÍTE NA VŠECHNY OTÁZKY!!!**

- SITUACE SE JEVI JAKO, ŽE JE VŠE V POHODĚ  
- ZUŠTÁTĚ ALE OSTRÁŽÍTE A NEUSTÁLE SLEDUJTE VÝVOJ POČASÍ  
- A VŠÍMĚTE SI PŘÍKLIVĚ PŘÍPADNÝCH ZMĚN VE SNĚHOVÉ POKRÝVCE

- SITUACE JE MINIMÁLNĚ POCHOÝBNÁ  
- CESTA JE SCHÝDNÁ JEN S VELKOU OPATRNOSTÍ  
- VYVARUJTE SE NEBEZPEČNÝM MÍSTŮM  
- PROCHAŇTE Z JEDNOTLIVÉ Z JEDNOHO CHRÁNĚNÉHO MÍSTA KE DRUHÉMU

- SITUACE JE ŠPATNÁ  
- POKUD NEDOKÁŽETE ZMĚNĚ, ZŘEKNĚTE SE PROZATÍM PLÁNOVANÉ CESTY!!!

**BUDTE OPATRNÍ, VŽDY EXISTUJE NEJAKÉ TO RIZIKO!!!**

**INFORMACE**

2. TU SAMOU HŮLKU ZDVIHNOUT  
3. VOLNĚ PŘILOŽIT DRUHOU HŮLKU A NECHAT JI SVISLE VISĚT  
- POKUD SE HROT ZAPICHNE PŘED OTISK KONCE HŮLKU + MĚNĚ NEŽ 30°  
- POKUD SE HROT ZAPICHNE DO OTISKU KONCE HŮLKU + 30°  
- POKUD SE HROT ZAPICHNE ZA OTISK KONCE HŮLKU + VÍCE NEŽ 30°

**ODHAD SKLONU SVAHU**  
1. OBTISKNUJTE HŮLKU  
2. TU SAMOU HŮLKU ZDVIHNOUT  
3. VOLNĚ PŘILOŽIT DRUHOU HŮLKU A NECHAT JI SVISLE VISĚT  
- POKUD SE HROT ZAPICHNE PŘED OTISK KONCE HŮLKU + MĚNĚ NEŽ 30°  
- POKUD SE HROT ZAPICHNE DO OTISKU KONCE HŮLKU + 30°  
- POKUD SE HROT ZAPICHNE ZA OTISK KONCE HŮLKU + VÍCE NEŽ 30°

**PRO KAŽDÝ PŘÍPAD:**

- NEVSTUPUJTE DO UZAVŘENÝCH OBLASTÍ.
- NECHODTE NA TÚRU SAMI.
- OBSTAREJTE SI PŘEDPOVĚDI POČASÍ, LAVINOVOU SITUACI, MÍSTNÍ INFORMACE.
- POUŽÍVEJTE VODNÍ ZACHRANĚNÉ VYBAVENÍ, KTERÉ UMÍTE SOUČASNĚ BEZPEČNĚ POUŽÍVAT.
- ZKONTROLUJTE SI STAV VAŠICH ZACHRANĚNÝCH PŘÍSTROJŮ PŘED OCHODEM.
- ODVAŽTE SVŮJ PLÁN TRASY NEJEDNĚ DALŠÍ ZODPOVĚDNÉ OSOBE.
- PLÁNUJTE SVŮJ TÚRU S ČASOVÝMI REZERVIAMI.
- PAMATUJTE SI PŘI TOM NA ČAS POTŘEBNÝ K POZOROVÁNÍ A K POSOUZENÍ.
- RÍDTE SE RADAMI ZKUŠENÝCH LIDÍ.
- UDRŽUJTE BEZPEČNÉ ROZESTUPY (10 M VÝSTUP 30 - 50 M SJEZD, NĚKDY I PO JEDNOM).
- SNAŽTE SE MAXIMÁLNĚ SOUSTŘEDIT NA VÝMĚNĚ DŮSLOVA VŠEHO OKOLO VÁS.
- BUĎTE OPATRNÍ NA MÍSTĚ, NA KTERÝCH MŮŽE BYT CHODČIVA VÁŠE TRASA.
- BUĎTE JEŠTĚ VÍCE OPATRNÍ POKUD NEJSTE PŘÍVAZÁNÍ NA LANO.
- V PŘÍPADĚ NĚSTĚSTÍ PŘÍSLUŠNĚ NEODDALUJTE PRVNÍ POMOC!
- CHATAŘ, HORSKÝ VŮDCE, HORSKÁ SLUŽBA ČI OBLŠLUHA VLEKU NEBO LANOVKY.

Obrázek 4 Česká verze karty „Nivo test“ (<http://www.lezec.cz/clanky.php?xtm=&key=2929>)

## 2.1.5 Metoda filtru 3x3 Wernera Müntera

Strategie 3x3 byla vyvinuta skupinou Wernera Müntera v SAC (Švýcarsko) v roce 2002. Částečně se tato metoda překrývá s metodou STOP or GO. Nejedná se o klasickou strategii v porovnání s výše uvedenými metodami, neboť nám přesně neurčí zda na túru

vyrazit, nebo ji v průběhu přerušit, pomůže nám však zaměřit naši pozornost na podstatné faktory, které potenciálně ohrožují naši bezpečnost. Metoda je založena na posuzování faktorů ovlivňujících vznik lavin ve třech rovinách a z hlediska průběhu přesunu ve třech fázích (Münter, 2002).

**Faktory ovlivňující vznik lavin z pohledu posuzovacích rovin:**

- terén
- aktuální podmínky (vítr, sněžení, teplota, atd.)
- člověk

**Faktory ovlivňující vznik lavin z hlediska fází průběhu přesunu:**

- fáze přípravy a plánování – *regionální filtr* (příprava doma, vyhodnocení dostupných prognóz počasí, stavu podmínek, velikosti skupiny a zdatnosti jejích členů, stanovení potenciální trasy a zvážení míry rizika, případná korekce trasy podle zjištěných údajů)
- fáze zahájení přesunu – *lokální filtr* (proveden po příjezdu na místo, potvrzení zamýšlené trasy, nebo naopak její změna na základě opětovné kontroly vybavení, aktuální kondice členů skupiny, počasí a podmínek)
- fáze průběhu přesunu – *zonální filtr* (průběžné hodnocení terénu, zjištění stability svahu, sledování co se děje v okolí. Stále monitorujeme situaci a nespolehneme se slepě na údaje zjištěné před zahájením přesunu).

Metoda 3x3 nám přímo nepoví, zda túru zrealizovat či ne, ale pomůže zaměřit naši pozornost na podstatné faktory, které mohou ohrozit naši bezpečnost (Münter, 2002).

**Tabulka 2 Strategie 3x3 Wernera Müntera (Münter, 2002)**

	3x3 W.Münter	Podmínky	Terén	Lidský faktor
<b>D O M A</b>	<u>Regionální filtr</u>  - plán túry a jeho varianty	Stav a prognóza lavinového nebezpečí	Mapa 1:25000	Velikost skupiny
		Stav a prognóza počasí	Sklony svahů	Motivace, kondice členů
		Aktuální informace z cílové oblasti (internet, TV, telefon)	Průvodce/literatura	Zkušenost, zodpovědnost, odpovídající výstroj a výzbroj účastníků
			Předchozí zkušenost	
<b>V O B L A S T I</b>	<u>Lokální filtr</u>  - kam můžeme dohlédnout (dalekohled)  - uzpůsobení trasy podle aktuálních podmínek	Množství sněhu, nový sníh, působení větru a teplotních změn, uvolnění laviny, vývoj povětrnostních podmínek	Odpovídá terén očekávanému?	Aktuální nálada ve skupině?
			Jaký bude vývoj?	Konkurence se sousední skupinou?
			Předchozí zkušenost (dalekohled)	Vybavení v pořádku?
			Jsou zřetelné starší stopy?	Tlak na výkon?
			Vedou tyto stopy bezpečně?	Motivace?
<b>N A M Í S T Ě</b>	<u>Zonální filtr</u>  - stálé sledování okolí  - korekce trasy podle místních podmínek	Viditelnost, odpovídá realita očekávanému?	Co je nad námi?	Aktuální kondice týmu?
		Závětrný nebo návětrný svah?	Co je pod námi?	Kolik lidí je v našem okolí?
		Test stability sněhové vrstvy v odpovídající expozici	Jaká je výška, reliéf a expozice?	Tlak ostatních a motivace
			Vidím, kde jsem?	Taktika vedení týmu a bezpečnostní opatření?
			Kde jsou nejprudší místa?	Závěrečné rozhodnutí (jít/nejít/změnit cíl)

## 2.2 Laviny

Jedním z největších nebezpečí ve vysokých horách jsou laviny (Mašek a Sieger, 2011). Navíc toto nebezpečí je z důvodu neznalosti problematiky často podceňováno. Lavina vzniká uvolněním nahromaděného sněhu a jeho následným, rychlým sesunem dolů svahem po dráze delší než 50 m (Quervain, 1965). Podle statistik přichází každý rok vlivem lavin jen v alpských zemích o život několik desítek osob (Mašek a Sieger, 2011). Každý člověk jenž se pohybuje ve vysokohorském terénu, nebo v oblastech s možným rizikem pádu sněhových lavin, by měl velmi dobře znát postup po jejím stržení. Především by měl ale vědět jak nebezpečí rozpoznat, jak se mu vyhnout, kudy a jak volit cestu v oblasti lavinových svahů tak, aby se do krizové situace vůbec nedostal. Pokud se již lavina uvolní a sněhová masa se dá do pohybu, měl by znát postupy jak se zachovat v případě, že se do laviny dostane přímo on.

Šance nezraněného člověka na přežití pod lavinou jsou spojeny s problematikou hyperkapnie a hypotermie. V prachovém sněhu je vzduchu dostatek, problém nastává postupem času opakovanou inspirací již expirovaného vzduchu. Tehdy začíná ve vzduchové kapse laviny docházet ke snížení koncentrace  $O_2$  a zvýšení koncentrace  $CO_2$ . Ze statistik vyplývá, že více než 50 % lidí, kteří byli zasypáni lavinou nepřežije. ([http://www.slf.ch/praevention/lawinenunfaelle/unfallstatistik/index\\_EN?redir=1&](http://www.slf.ch/praevention/lawinenunfaelle/unfallstatistik/index_EN?redir=1&))

Existuje pět druhů pohybů sněhové pokrývky (McLung et Shaerer, 2006), jedním z nich jsou také laviny. Tyto pohyby charakterizujeme na základě rychlosti a způsobu přemísťování sněhové hmoty (McLung et Shaerer, 2006). Podle uvedených kritérií jsou jednotlivé jevy pojmenovány.

### **Pohyby sněhu podle rychlosti a způsobů přemísťování:** (McLung et Shaerer, 2006)

- **Sesedání** vzniká působením metamorfózy sněhových vloček a gravitační síly ve sněhové pokrývce. Projevuje se zmenšením výšky sněhové vrstvy.
- **Plazení sněhu** je soustavné sesouvání zdánlivě stabilní a nepohyblivé pokrývky směrem dolů ze svahu. Je to pohyb volným okem nepostřehnutelný. Z hlediska ohrožení lidského života není tento pohyb nebezpečný.
- **Sesyp** je pád masy čerstvě napadaného sněhu většinou v místech strmých skalních stěn. K sesypu dochází během hustého sněžení nebo těsně po něm díky nárazům větru neboť se nová vrstva sněhu neudrží a svou vahou se utrhne.

- **Splaz** definujeme jako sesunutí malého množství sněhové pokrývky, jež vlivem oteplení ztratila soudržnost se sousední sněhovou vrstvou. Dosahuje jen velmi malé rychlosti a pro člověka, terén i vegetaci je relativně neškodný.
- **Lavina** je posledním za to však nejvíce ničivým pohybem sněhové pokrývky.

### 2.2.1 Dělení sněhových lavin

Sněhové laviny jsou děleny podle několika faktorů, které vypovídají o vlastnostech konkrétní laviny. Tyto faktory lavinu definují a vyjadřují to, jak se lavina po svém vzniku chovala, jak vypadala, jak došlo k jejímu spuštění atd.

#### **Obecné rozdělení sněhových lavin:** (Kořízek, 2006)

- Dělení podle charakteru terénu a tvaru dráhy (plošné a žlabové)
- Dělení podle typu sněhu (kapitola 2.2.1.1)
- Dělení podle typu pohybu sněhu (klouzající, tekoucí, vířící)
- Dělení podle povrchu skluzné plochy (povrchové a základové)
- Dělení podle tvaru odtrhu (s bodovým odtrhem, s čárovým odtrhem)
- Dělení podle velikosti laviny (kapitola 2.2.1.2)

#### 2.2.1.1 Dělení lavin podle typu ledu

##### **Laviny z prachového sněhu**

S nejčastějším výskytem, až okolo 80 % a nejvíce nebezpečné jsou laviny z čerstvě napadaného prachového sněhu, které se uvolňují během sněžení nebo krátce po něm. Jsou tvořeny suchým neslehlým sněhem, bez vody, která by jej zatěžovala. Sníh se smísí se vzduchem a stéká po svahu jako těžký plyn. I když je dráha laviny určována profilem terénu, většinou nelze přesnou trajektorii předem odhadnout. Prachový sníh proniká všude a osoby, které se do laviny dostanou většinou zemřou na asfyxii (Kořízek, 2006).

Je-li množství sněhu velké, může prachová lavina dosahovat rychlosti vyšší než 300 km/h (Kukal, 1983). Stlačený vzduch vytváří před lavinou tlakovou vlnu, která může dosáhnout i několik set metrů od dráhy laviny. Takto silná tlaková vlna může zasáhnout osoby v místě, které je za normálních okolností považováno za relativně bezpečné. Prachová lavina vzhledem ke svojí značné kinetické energii často pokračuje daleko za úpatí svahu a dokonce může vyběhnout až do protisvahu (Houdek a Vrba, 1953).

Mechanismus vzniku prachové laviny: Nový sníh je tvořen krystaly, které jsou do sebe vzájemně zaklesnuty. Tato rovnováha je však značně nestabilní. Stačí malé, dodatečné zatížení a sníh začne klouzat po svahu dolů. Významným faktorem je vítr. Zatímco je sníh někde unášen a vůbec nepřibývá, jinde ho vítr dokáže nakupit dvojnásobné množství (Kořízek, 2006).

Menší část prachových lavin se uvolňuje až několik dnů po sněžení. I když teplota je stále dost nízká a sníh netaje, způsobuje to tzv. izotermální přeměna. Původní tvary krystalů, kterých je velké množství, jsou značně členité vločky. Po několika dnech však dochází k ohlazení a natavení krystalu, ještě později jsou krystaly přeměněny na kulatá zrnka o průměru několika desetin milimetru. V průběhu sněžení i větrného transportu, se vločky rozlámou a navíc ve sněhové vrstvě dochází k sublimaci. Ta probíhá tak, že ostré hrany přecházejí do plynného skupenství nejsnáze a vodní páry pak kondenzují na plochách a v rozích sněhových krystalů. Tento jev je závislý na poloměru křivosti dané části krystalu, zároveň je doplněn odlišnou rychlostí odpařování vlivem nestejně teploty různých částí krystalů. Tím je zaručen transport hmoty z členitých míst na plochy krystalů a snižuje se tak jejich volná energie. To je příčina snížení soudržnosti sněhové pokrývky, neboť ta původně spočívala v zaklesnutí „větviček“ krystalů (sněhových vloček). Izotermální přeměna postupuje až do chvíle, kdy soudržnost přestává být v rovnováze s gravitační silou a celá hmota se dá do pohybu. Je-li teplota dostatečně nízká může průběh této přeměny trvat až několik týdnů, stoupne-li teplota k 0°C trvá pouze několik hodin (Dingman, 2002).

### **Deskové laviny**

Souběžně s izotermální přeměnou probíhá další proces, takzvané spékání. Sníh se jím vzájemně zpevňuje a dokončuje se tak kompaktnost jednotlivých sněhových vrstev, po níž už nemůže dojít ke vzniku prachové laviny. Proces spékání funguje obdobně jako když k sobě přiložíme dvě kostky ledu. Po několika hodinách dojde k jejich pevnému spojení. Rychlost vzniku pevného spojení závisí na poloměru zrn, teplota je v tomto případě až druhořadý činitel. Sněhové desky se mohou vytvořit i za velikého mrazu (McClung et Schaerer, 2006).

Nebezpečí vzniku deskové laviny je obtížné odhadnout, protože nestabilita závisí na podmínkách v hloubce sněhové vrstvy. Lavina pak vzniká tehdy, je-li taková pevná deska slabě přichycená na svůj podklad nebo poruší-li se vazba na okolní zpevněný sníh. Značnou roli hraje také tvar terénu, na němž sníh leží. Sníh má velmi malou pevnost

v tahu, a proto k prvním prasklinám dochází na vydutých tvarech podkladu. Deskové laviny dosahují rychlosti až 130 km/h (Kukal, 1983).

### **Laviny z mokrého sněhu**

Laviny z mokrého sněhu se obvykle uvolňují při oteplení, působením slunce, deště, nebo dalšími příčinami, které mění mechanické vlastnosti sněhu. Pohybují se okolo 15 až 30 km/h. (Kukal, 1983), tedy mnohem pomaleji než laviny z prachového sněhu. Masa mokrého sněhu je však velmi těžká a tyto laviny mají i při poměrně nízkých rychlostech katastrofální následky pro překážky, které jim stojí v cestě.

### **Laviny z navátého sněhu**

Vznikají působením větru na padající sníh nebo na sníh již ležící na zemi. Tím dochází k tvorbě větrem naváté sněhové desky. Vytvoří se tak vrstva, která je snadno identifikovatelná díky své charakteristické křídové barvě, nevýrazné v porovnání s okolním sněhem. Má velmi jemnou strukturu a při stlačení nebo průjezdu na lyžích vydává zřetelný vrzavý zvuk. Při pohybu v blízkosti této oblasti, je nutné brát v úvahu velmi slabou stabilitu této vrstvy a špatné propojení s vrstvou ležící pod ní (McLung et Shaerer, 2006).

### **Ledové laviny**

Vznikají nejčastěji v hustě zaledněných oblastech při prudkém oteplení. Nejčastější výskyt je zejména na jižních svazích, kde je síla slunečních paprsků nejintenzivnější (na severní polokouli). Tající led již nestačí podporovat související ledové masy, ledový podklad se nedokáže udržet na hladké podkladové vrstvě, dojde k odtržení celého bloku ledu, který ještě většinou strhne sníh na svahu a vytvoří tak lavinu velkých rozměrů. Ta může při vhodných podmínkách urazit až několikakilometrovou vzdálenost (Kukal, 1983).

### **Laviny z převějí**

Silný vítr dokáže vytvořit na závětrných svazích nebezpečné převěje. Ty ve vysokých nadmořských výškách dosahují až několik desítek metrů. Vznikají postupným zachytáváním a zmrznutím sněhu na konci terénní hrany. Podobně jako u odtržení ledových bloků způsobí často hmotnost padající převěje uvolnění mohutné laviny. Pokud lavinu nedokáže spustit svou obrovskou hmotností, může dojít k roztříštění převěje, až na

několik set menších kousků a následnému vytvoření své “vlastní” laviny. V průběhu sněhových bouří, výrazného oteplení a dlouhotrvajícího odtávání se převěje stávají výrazně méně stabilními (Kukal, 1983).

### 2.2.1.2 Dělení lavin podle velikosti

**Tabulka 3 Rozdělení lavin podle velikosti (Quervain, 1966)**

Označení	Klasifikace podle dojezdu	Klasifikace podle zničující schopnosti	Klasifikace podle délky
<b>Splaz</b>	sklouznutí malého množství sněhu, které nemůže osobu zasypat (nebezpečí následného pádu)	pro člověka relativně neškodný	délka < 50 m objem < 100 m <sup>3</sup>
<b>Malá lavina</b>	zastaví se ještě na svahu	může zasypat, zranit nebo zabít	délka < 100 m objem < 1 000 m <sup>3</sup>
<b>Střední lavina</b>	zastavuje se až na spodní části svahu	může zasypat a zničit auto, poškodit nákladní auto, zničit malou budovu nebo strhnout několik stromů	délka < 1 000 m objem < 10 000 m <sup>3</sup>
<b>Velká lavina</b>	běží přes celou plochu svahu, nejméně však 50 m (sklon svahu může být menší než 30°), může dosáhnout dna údolí	může zasypat a zničit nákladní auta nebo vlaky, velké budovy nebo zalesněné plochy	délka > 1 000 m objem > 10 000 m <sup>3</sup>

### 2.2.2 Stupnice lavinového nebezpečí

Existuje mezinárodní stupnice lavinového nebezpečí, která má pět stupňů. Slouží nám k bližšímu určení nebezpečí možnosti uvolnění lavin. V současné době je standardně používána po celém světě a poskytuje přibližný obraz o lavinové situaci v daném regionu (Mašek, 2006).



#### **1 nízké nebezpečí**

Přibližně 1/5 zimního období, minimální ohrožení, dobře zpevněná sněhová pokrývka. Sesuvy lavin hrozí jen při zvýšeném dodatečném zatížení na velmi exponovaných svazích při sklonu větším než 45°. Spontánní pohyby sněhu nepřesahují kategorii splazů.





## **2 mírné nebezpečí**

Asi 1/2 zimního období, obvyklá situace, vcelku dobře zpevněná sněhová pokrývka. Sesuvy lavin hrozí při zvýšeném dodatečném zatížení na exponovaných svazích při sklonu větším než 40°. Potenciálně nízké riziko spontánních lavin.



## **3 značné nebezpečí**

Cca 1/3 zimního období, mnoho svahů vykazuje střední až malou stabilitu, sesuv lavin může iniciovat i nízké dodatečné zatížení při sklonu svahu větším než 35°. Ojedinele jsou možné spontánní laviny středních rozměrů, které mohou zasáhnout i často navštěvované prostory, jako přístupové cesty, nebo sjezdovky. Možnosti túr velmi omezené a pouze při značných zkušenostech.



## **4 vysoké nebezpečí**

Pouze několik dní v průběhu zimy, všeobecně velmi slabě zpevněná sněhová pokrývka. Pravděpodobnost laviny je velmi vysoká již při nepatrném dodatečném zatížení na svahu při sklonu větším než 30°. Možnosti túr zcela omezené, situace vyžaduje expertní zhodnocení. Potenciálně velké riziko spontánních lavin zasahujících údolní prostory ve středním až velkém rozsahu.



## **5 velmi vysoké nebezpečí**

Nastává jen velmi zřídka, nebezpečí většinou rychle odezní, zcela nestabilní sněhová pokrývka v nebývalém rozsahu, spontánní laviny obrovských rozměrů zasahují obývané části údolí i z relativně mírných svahů, okolo 25° sklonu. Túry nemožné, doporučuje se neopouštět zajištěná obydlí.

Paradoxně se nejvíce nehod stává při 2. a 3. stupni lavinového nebezpečí při nichž dochází k více než 2/3 lavinových neštěstí. Je to zejména proto, že většina lidí tyto stupně lavinového nebezpečí podceňuje. Často nemají ani základní znalosti o pobytu a pohybu v horách a proto jim 2. a 3. stupeň připadá jako relativně bezpečný. Z tohoto důvodu se při

túrách odváží i do míst, do kterých by si jinak netroufli. Naopak při pátém stupni lavinového nebezpečí v podstatě k nehodám nedochází (Mašek, 2006). Má na to vliv především včasná informovanost veřejnosti horskou službou. Při tomto stupni je sněhová pokrývka tak nestabilní, že dochází k samovolným odtržením lavin i na velmi mírných svazích (Mašek, 2007). Z toho důvodu je zákaz jakýchkoliv túr a striktně se doporučuje neopouštět zajištěná obydlí.

### 2.2.3 Faktory vzniku lavin

Na vzniku lavinových nehod se podílí několik základních faktorů. Je to zejména terén, aktuální podmínky (vítr, sněžení, teplota, atd.) a člověk (Mašek a Sieger, 2011).

V případě terénu záleží na expozici svahu, na velikosti svahu, který zatěžujeme a na sklonu svahu. Nejvíce nebezpečné s ohledem na uvolnění lavin (v našich podmínkách) jsou svahy severní a severovýchodní naopak relativně bezpečné jsou svahy jižní a jihozápadní. I na jižních svazích je však zvýšené riziko, zejména na jaře, kdy je vlivem rozdílné tepelné vodivosti zahříván povrch země pod sněhem (např. skála), tenká vrstva sněhu vespod odtaje, dojde k porušení smykového napětí a následně se uvolní těžká, jarní, základová lavina. Sklon svahu ovlivní odtržení laviny nejvýrazněji. Záleží samozřejmě na stupni lavinového nebezpečí. Obecně lze však říci, že svahy se sklonem vyšším než 65° jsou již bezpečné, neboť se na nich (v našich podmínkách) sníh není schopen udržet (Schweizer et al., 2005).

Sněžení, vítr i teplota jsou dalšími faktory ovlivňující zásadně uvolnění sněhové laviny. Již při napadání 10 cm nového sněhu může vzniknout mírné nebezpečí pádu laviny. Tato hodnota se snižuje na polovinu v případě, že fouká silný vítr (alespoň 50 km/h), neboť vzniknou převěje a na závětrných svazích je nafoukáno výrazně více sněhu než ve skutečnosti napadalo. Jak nízké tak vysoké teploty mohou zapříčinit pád sněhové laviny. Dlouhodobě nízké teploty (alespoň -10 °C) zabrání propojení sněhových vrstev a vysoké teploty naopak nataví sníh vespod, tím vznikají základové laviny.

Na stržení lavin má nejvýraznější podíl člověk. Až 95 % pádu lavin zapříčiní lidé sami tím, že zatíží svah a poruší tlakové a tahové napětí jednotlivých sněhových vrstev, které jsou v dané lokalitě uložené (Harvey et Signorell, 2002).

## 2.2.4 Činnost po odtržení laviny

### Postup při vzniku laviny: (Mašek, 2007)

- 1) Pokud má lyžař lavinový batoh vybaven tzv. airbagy, v případě ohrožení lavinou aktivuje bezprodleně tlakovou láhev trhnutím za plastové madlo. Ta umožní nafouknutí airbagů umístěných v batohu.
- 2) Je důležité snažit se lavině utéct, nebo ujet do strany. Vždy je rychlejší jet šikmo svahem dolů, než napříč.
- 3) V případě, že se to nepovedlo a lyžař se dostal do vířícího sněhu masy laviny je nutné zachovat klid. Pořád není nic ztraceno a účinky laviny je možné zmírnit nebo úplně eliminovat. V tomto případě je potřeba se zmítáním připomínajícím plavání udržet na povrchu a především se vykutálet do strany mimo hlavní proud.
- 4) V okamžiku, kdy lavina začne zpomalovat a zasypaný stále není na povrchu, nastává velmi vážné riziko ohrožení života. V každém případě je důležité pokusit se udělat si „vzduchovou kapsu“. Pokud je dotyčný při vědomí je potřeba, aby dostal ruce před obličej a utvořil si co největší prostor, tak aby mohl dýchat. Dále, pokud to bude jen trochu možné, stočit tělo do klubíčka a získat co největší prostor pro hrudník. Toto vše by mělo v případě, že přijde pomoc zvýšit šanci na přežití.



**Obrázek 5 Lyžař, kterému se po projetí napříč svahem podařilo uniknout lavině (Mašek, 2007)**

### **Pokud byl člověk zasažen lavinou, je ohrožen třemi faktory:**

- trauma – mechanický úraz v lavině v průběhu pádu
- asfyxie
- hypotermie

Podle časového průběhu záchrany zasypaného se stupeň asfyxie a hypotermie dá eliminovat. Stupeň mechanického úrazu pouze částečně, závisí především na podkladu a překážkách, po kterých se stržená lavina pohybuje.

### **Postup při vyhledávání osob v laviništi:**

Prvních 15 minut po pádu laviny je pro zasypaného rozhodující. Nazýváme je tzv. „kamarádkou výpomocí“. Jedinou skutečnou šancí je pro zavaleného lavinový vysílač a vyhledávač (AVD - avalanche victim detector). Tyto přístroje pro vyhledávání osob zasypaných lavinou, představují nejrychlejší a nejbezpečnější způsob jak zaměřit a vyprostit zasypaného člověka. Pracují zároveň jako vysílač i přijímač na frekvenci 457 kHz,  $\pm 80$  Hz, což je mezinárodní standard pro lavinové vyhledávače EN300718 (<http://www.pips.cz/pieps/technologie.php>). I když existuje spousta firem, které je vyrábí jsou plně kompatibilní, v čemž je jejich obrovská přednost (Mašek, 2006).

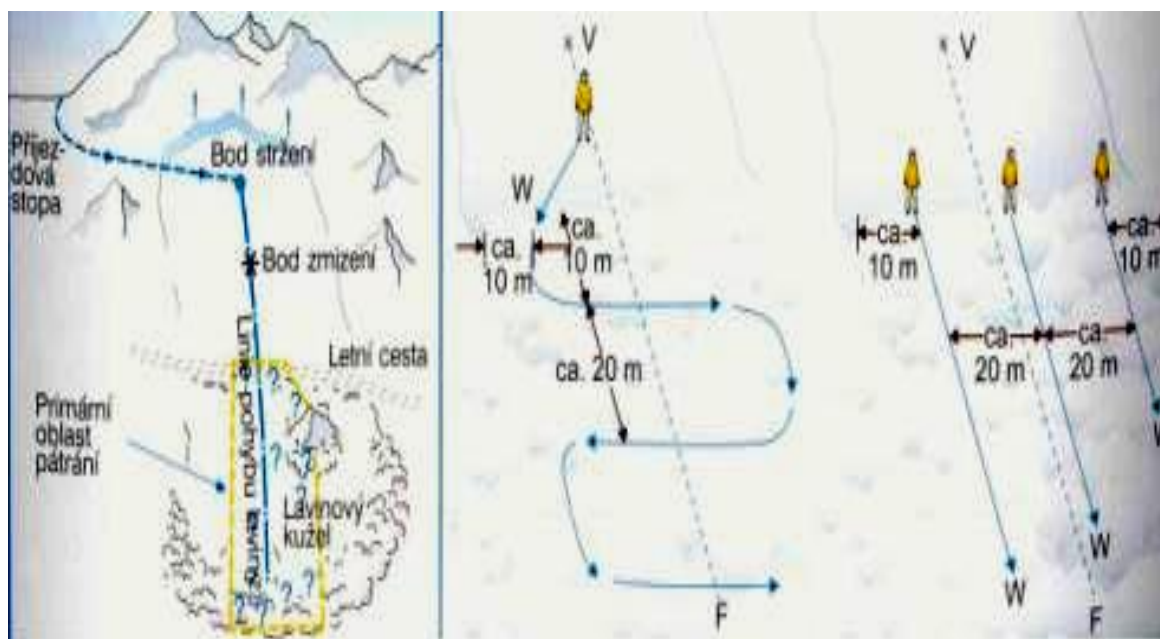
Pro další pátrání nám velice pomůže, jestliže jsme schopni určit bod stržení a bod zmizení postiženého. Následuje primární fáze hledání vedoucí k zachycení prvního signálu postiženého. Poté co je zasypaný nalezen a nastane situace, že se nepodaří navázat kontakt se záchranáři a zároveň hrozí rapidní zhoršování stavu zraněného, je nezbytné začít realizovat nouzový transport. Jedná se skutečně o krajní variantu, každý nouzový transport je pro zraněného nebezpečný a může mu ublížit!

### **Jednotlivé kroky po pádu laviny (jeden postižený a jeden záchrance při odpovídajícím vybavení):**

1. Zastavit a rozhlédnout se jestli nehrozí další nebezpečí.
2. Uvědomit si místo, ve kterém byl postižený stržen a kde byl naposledy spatřen, pokud je to možné obě místa označit.
3. Prohlédnout pozorně laviniště, jestli není postižený nebo část jeho těla na povrchu.
4. Přepnout svůj vyhledávač do vyhledávacího módu a zahájit primární fázi hledání.

5. Po zachycení signálu přejít na sekundární fázi hledání, pokud se nacházím v oblasti postiženého provést dohledání, sondou označit postiženého (zjistit přesnou hloubku zasypání).
6. Sondou s pozitivním kontaktem nikdy nevytahovat.
7. Začít kopat záchranou jámu z boku tak, aby se nepoškodila vzduchová kapsa.
8. Co nejrychleji se snažit uvolnit dýchací cesty a poté zraněného ze závalu.
9. Rychle vyprostit, ale pozor na rizika poranění, zejména páteře!
10. Zajistit vitální funkce postiženého.
11. Zavolat pomoc mobilním telefonem.
12. Jen v opravdu nezbytném případě zahájit nouzový transport.

Pokud se zasypaný nachází v hloubce okolo 1 metru dají se kroky 1 – 10 realizovat v závislosti na složitosti terénu za cca 5 – 15 min.



**Obrázek 6 Schéma jak vyhledat zasypaného v případě, že jsme zachytili jeho radiový signál (Winter, 2002)**

### 2.2.5 Následky zasažení lavinou

Při zasažení člověka lavinou dochází k jeho stržení, vlečení a následnému zasypání. Zasypání je podmíněno dalšími faktory, které ovlivní jestli a jak hluboko se stržená osoba dostane. Záleží na tom, zda se zasaženému podaří zbavit lyžařských hůlek, lyží, a dalších

věcí (popř. zda mu je lavina strhne), ty se v tomto případě chovají jako kotva a táhnou člověka dolů (Brugger et Falk, 2003).

Naopak batoh na zádech zvětší objem zasaženého, tím dojde k inverzní segregaci, (větší části se pohybují v horních partiích) což napomáhá k jeho udržení na povrchu laviny, zvláště pak v případě vybavení batohu tzv. airbagem a jeho včasnou aktivací (Kern et al., 2001).

Úplné zasypaní lavinou zůstává i nadále smrtelně nebezpečnou situací s 54% úmrtností a jedinou cestu ukazuje prevence lavinových nehod.

Původně se předpokládalo, že šance na přežití zasypaných osob jsou minimální. Pozdější práce ukázaly, že při včasné záchraně se šance výrazně zvyšují. Uvádělo se, že při vyproštění zasypaného do 15 minut je téměř 65% pravděpodobnost na přežití. S pozdějším vyproštěním (cca po 2 hodinách) se šance začínají podstatně snižovat až na 25 % přeživších. Další zdokonalování organizace záchrany při lavinových neštěstích již jen stěží dokáže zlepšit vyhlídky zasypaných. Jedině poskytnutí okamžité vzájemné „kamarádké pomoci“ na místě nehody a vyproštění do 15 (max. do 18) minut může vylepšit prognózu. Tato pomoc má 71% úspěšnost ve srovnání se 13 % při organizované záchranné akci. „Kamarádká pomoc“ má však své hranice, neboť i zkušená osoba potřebuje na lokalizaci zasypaného přístrojem 3-5 minut a na vyhrabání lavinovou lopatou z hloubky 1 metru dalších 15 minut (Mašek, 2006).

### **Z toho vyplývají závěry pro praxi:**

- záchrana v prvních 15 až 18 minutách znamená více než 90% naději na přežití.
- pravděpodobnost přežití dramaticky klesá od 15 (18) do 35 minut.
- zasypané osoby je nutné v prvních 15 až 18 minutách intenzívně hledat, teprve potom začít organizovat záchrannou akci.

### **Časový průběh při zasypání lavinou podle Bruggera:**

Analýza 332 případů osob zasypaných lavinou ve Švýcarsku v letech 1981-1989 již ukázala, že období po zasypání lze rozdělit do čtyř fází. Podává nový pohled na křivku úmrtnosti (Brugger et al., 2003).

**1. Fáze přežití.** Tato fáze trvá do 15 minut po zasypání. Naděje na přežití činí 92 %, tzn., že přežívají téměř všichni, pokud se nejedná o smrtelné úrazy a první pomoc je poskytnuta včas.

**2. Fáze asfyxie (dušení).** Pohybuje se od 15. do 35. minuty po zasypaní. V tomto čase křivka přežití strmě klesá. Zasypaní se bez vzduchové dutiny v oblasti horních cest dýchacích udusí.

**3. Fáze latence.** Od 35. minuty se zasypaný nachází v "období relativního bezpečí" za předpokladu, že může dýchat (dutina ve sněhu, volný hrudník). Od 90. minuty dochází k prvním úmrtím v důsledku podchlazení.

**4. Fáze záchrany.** Od vyproštění do přijetí do nemocnice je zvýšené riziko náhlé smrti. Důležité je zabezpečit dostatečný přísun čerstvého vzduchu eventuelně podávat kyslík. Při zástavě dýchání a srdeční činnosti je třeba neprodleně provést umělé dýchání a nepřímou srdeční masáž v poměru 30:2 u dospělých a 15:2 u dětí (Trojan a kol., 2003).

## 2.2.6 Pravděpodobnost přežití pod lavinou

Hlavními příčinami smrti v lavině je trauma, asfyxie a hypotermie (Mašek a Sieger, 2011).

Statistiky ([http://www.slf.ch/praevention/lawinenunfaelle/unfallstatistik/index\\_EN?redir=1&](http://www.slf.ch/praevention/lawinenunfaelle/unfallstatistik/index_EN?redir=1&)) ukazují, že příčinou smrti pod lavinou je okolo 86 % asfyxie, ve 13 % trauma (fraktura končetin a páteře) a pouze 1 % úmrtí souvisí s hypotermií.

Článek (<http://www.laviny.cz/main/?loc=informace&clanek=28&hlas=4>) uvádí, že 80 % případů obětí lavin zemře udušením. Šance na přežití klesá exponenciálně s časem. Zavalená osoba má po tom, co je nalezena a vytažena, přibližně 90% šanci, že přežije. 35 minut po zavalení se šance na přežití snižuje pod 35 % (Falk et al., 1994).

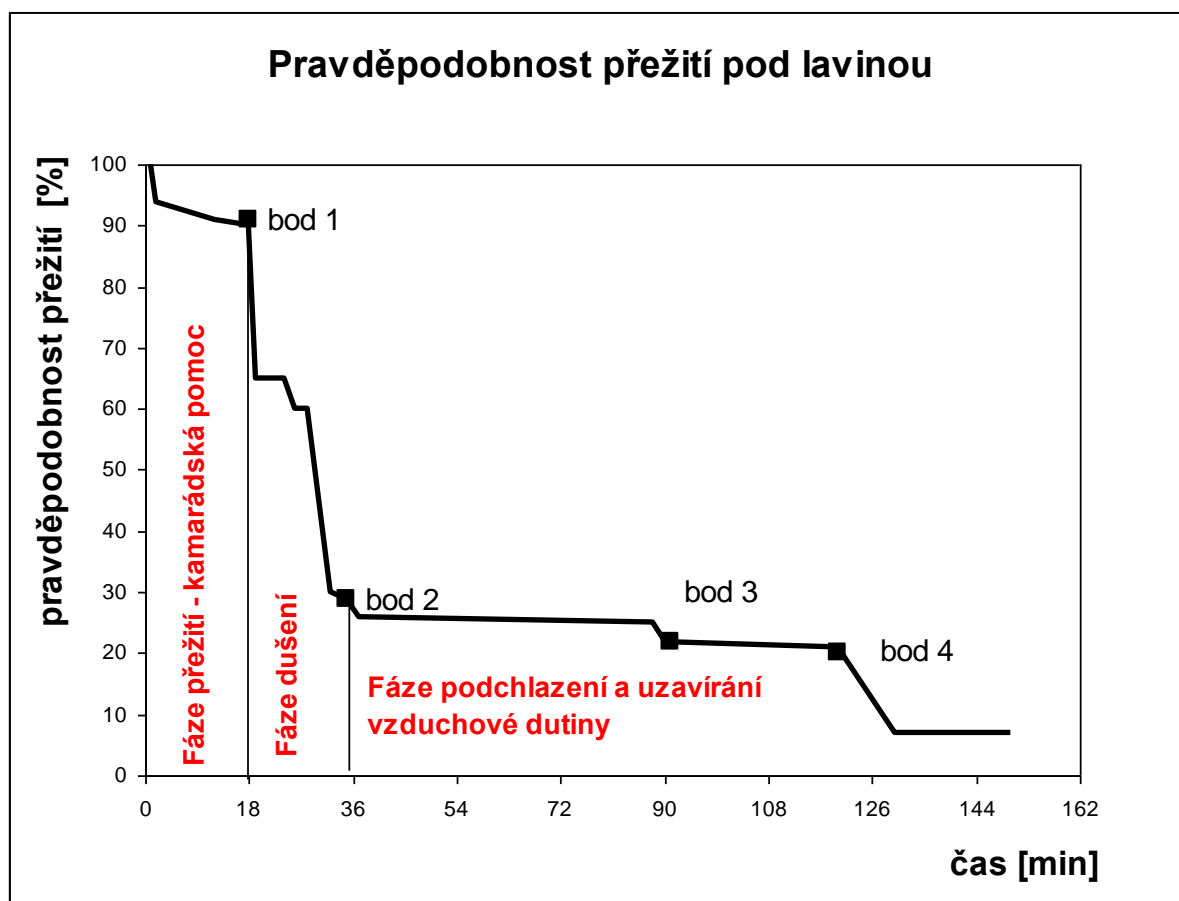
Šance na přežití zasypaných osob je spojena s úspěšnou lavinovou záchranou, resp. s efektivním hledáním zasypaných osob. Riziko lavin činí lyžařskou turistiku v Alpách nejnebezpečnějším zimním sportem, který si ročně vyžádá 150 obětí (<http://www.ikar-cisa.org/ikar-cisa/documents/2010/ikar20100302000531.pdf>). Na podkladě analýzy všech lavinových neštěstí ve Švýcarsku v letech 1981-1991 vypočítali Falk et al. (1994), že pravděpodobnost přežití při zasypaní lavinou činí po 15 minutách 92 %, tedy podstatně více, než se dříve soudilo. Příznivá prognóza však v důsledku dušení rychle klesá na pouhých 30 % ve 35. minutě po zasypaní. Předchozí odhady informovaly o poklesu pravděpodobnosti přežití z 67 % na 55 %. Po 90 minutách podléhají zasypaní hypoxii a hypotermii. Pokud vzduchová dutina nemá přístup čerstvého vzduchu, pohybuje se pravděpodobnost přežití zasypaných osob po 2 hodinách okolo 27 %.

Ze 422 zasypaných lyžařů bylo 241 (57 %) mrtvých. Průměrná hloubka zasypané hlavy byla 105 cm ( $\pm 85$  cm), přičemž tato skutečnost přímo neovlivnila úspěšnost

záchrany, závislé na prodloužení pátrací akce. Důležitý je fakt, že v okamžiku po zasypání je vysoká pravděpodobnost přežití (Falk et al., 1994).

Ze 123 zasypaných a následně vyproštěných do 15 minut bylo jen 8 mrtvých, navíc pouze dva zemřeli udušením (byli vyproštěni v 10. a 15. minutě). Výsledky studie zdůrazňují nutnost co nejrychlejší záchranné akce, tzv. kamarádské pomoci. Tyto údaje jsou shrnuty v článku „Avalanche survival chances“ (Falk et al., 1994), uveřejněném v časopise Nature i s názorným grafem, udávajícím pravděpodobnost přežití pod sněhovou lavinou.

Hodnota 90 % pravděpodobnosti přežití do 18 minut pobytu pod lavinou se objevuje také v článku „Feldversuche zur Wirksamkeit einiger neuer Lawinen-Rettungsgeräte“ (Kern et al., 2001).



Graf 1 Pravděpodobnost přežití v postupujícím čase (převzato od: Falk et al., 1994)



**Bod 1. 0 – 15 (18) minut: fáze přežití a kamarádská pomoc.**

Z grafu je patrné, že 8 lidí ze 100 nepřežije už při samotném stržení lavinou nebo bezprostředně po jejím zastavení. Umírají na těžká zranění neslučitelná se životem. Často pro úraz hlavy, proto je velice důležité používání přileb. Poté začíná křivka pravděpodobnosti přežití prudce klesat. V této fázi je důležitá organizovaná kamarádská pomoc. Její účinnost závisí na vhodné výbavě (lavinové vyhledávače) a dovednosti ji ovládat. Pokud postižený neutrpěl smrtelný úraz pohybuje se pravděpodobnost přežití okolo 92 %.

**Bod 2. 15 (18) – 35 minut: fáze dušení.**

Pravděpodobnost přežití strmě klesá z 92 % v prvních 15 až 18 minutách na 30 % ve 35. minutě. V tomto časovém intervalu umírají všichni ti, kterým se nevytvořila vzduchová kapsa, ucpaly se jim ústa a nos sněhem nebo se udusili vlastními zvratky. Problém nastává i při stlačení hrudníku, zasypané osobě tlak sněhu neumožní dýchací pohyby.

**Bod 3. 35 – 120 minut: fáze podchlazení a uzavírání vzduchové kapsy.**

Mezi 35. a 90. minutou po zasypaní křivka klesá jen zvolna na zhruba 22 % přežívajících. Ve sněhové masě srovnatelné s lavinami je dostatek kyslíku. Za předpokladu, že je odstraňován vydechovaný oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) je zasypanému umožněno dýchání po dobu minimálně 90 minut. Vzduchová kapsa po pádu laviny má tedy význam především pro odstraňování a vytlačování oxidu uhličitého do okolního sněhu. Od 35 minuty nastupuje problém podchlazování, které s rostoucím časem ohrožuje život zasypaného. V této době postižený obvykle upadá do bezvědomí.

**Bod 4. 120 minut a dále: pokračuje fáze podchlazení a uzavírání vzduchové kapsy.**

Následuje další strmý pokles křivky na pouhých 7 % přežívajících osob. Toto nastává okolo 130. minuty od zasypaní. Vlivem dýchání zasypaného dochází k rozdílu teplot působících na povrch vzduchové kapsy. Tím se začne vytvářet tzv. ledová krusta, která následně znemožní únik (difusi)  $\text{CO}_2$  do okolního prostoru. Přežití v tomto čase tedy zajistí pouze dostatečně velká vzduchová kapsa nebo otevřená vzduchová kapsa s průchodem do venkovního prostředí (Falk et al., 1994).

## 2.2.7 Záchranné prostředky

Za základní nouzové vybavení, které se dnes běžně používá, považujeme lavinový vyhledávač osob, lavinovou sondu a sněhovou lopatu (tzv. lavinový set). Za nadstandardní věci jsou považovány, lavinový batoh, AvaLung a Avalanche Ball.

Lavinový set značně urychluje vyhledání a následné vyproštění zasypané osoby. Důležité je, aby byl vždy kompletní. V případě absence kterékoliv části lavinového setu se vyproštění postiženého značně prodlužuje (Mašek a Sieger, 2011).

Lavinové batohy jsou, jako jediné, aktivní záchrannou pomůckou, která minimalizuje pravděpodobnost zasypaní stržené osoby. V současné době jsou na trhu tři druhy. Ty fungují na stejném principu, i když po aktivaci airbagů mají rozdílný tvar. Při ohrožení lavinou lyžař aktivuje trhnutím za plastové madlo tlakovou láhev. Ta během dvou až tří sekund naplní airbagy, které zvětší objem zasažené osoby zhruba o 1,5 násobek, což díky zákonu o inverzní segregaci napomůže k udržení člověka na povrchu laviny.

Další speciální pomůcka je AvaLung. Zasypaný vdechuje a vydechuje vzduch pomocí náustku a trubice. Ta po zasypaní člověka zabezpečí odvod exspirovaného vzduchu s vyšším obsahem CO<sub>2</sub>. Navíc má AvaLung vnitřní membránu o objemu 500 cm<sup>3</sup>, která zvětšuje obsah prostoru, z kterého postižený dýchá. Systém uvnitř AvaLungu odděluje vdechovaný vzduch od vydechovaného. Ten je směřován odděleně směrem za záda postiženého, kde se rozptýlí ve sněhu do jiné části závalu. Nedochozí tak k vytvoření ledové krusty v oblasti dýchacích cest a k následné otravě CO<sub>2</sub>. (<http://www.laviny.cz/main/?loc=informace&clanek=28&hlas=4>).

Avalanche Ball je vylepšená verze lavinové šňůry, která se používala dříve. Tato pomůcka nezabraňuje zasypaní, avšak výrazně zkracuje čas nalezení zasypané osoby. Jedná se o míč o průměru 60 cm, který si ohrožená osoba v případě stržení aktivuje. Balon je připevněn k opasku zasypaného šňůrou o délce 6 m. Po dojezdu laviny je za pomoci Avalanche Ballu postižený rychle lokalizován.

## 2.3 Fyziologie dýchání

### 2.3.1 Ventilační a respirační funkce

Plicní ventilace je výměna vzduchu mezi zevním prostředím a plicemi. Mechaniku dýchání dělíme na nádech (*inspirium*) a výdech (*expirium*).

**Insiprium** je aktivní děj, na kterém se podílí inspirační svaly. Je to především bránice a vnější mezižeberní svaly. Bránice je plochý sval oddělující dutinu hrudní od

dutiny břišní. Při smršťování stahuje žebra a posunuje se kaudálně, čímž se zvětšuje prostor dutiny hrudní.

**Expirium** je především děj pasivní, při kterém se uplatňuje pružnost plic, pružnost hrudní stěny a hmotnost hrudníku. Při potřebách zvýšené ventilace se uplatňují pomocné dýchací svaly, kam se při nádechu řadí prsní svaly a některé svaly krční a zádové. Při usilovnějším výdechu se uplatňují vnitřní mezižeberní svaly a svaly břišní. Pomocné dýchací svaly se tedy zapojují při zvýšené ventilaci, a to jak při zvýšené potřebě přívodu  $O_2$ , tak i při nahromadění  $CO_2$ , a k jeho následnému odvodu.

Mezi **ventilační ukazatele** patří *minutová ventilace*, daná *dechovou frekvencí a dechovým objemem*, který se může (v případě potřeby) zvýšit o podíl z rezervních vdechových a výdechových objemů. Maximálně využitelným dechovým objemem v klidových podmínkách je *vitální kapacita plic*, měřená jako maximální výdech po předchozím maximálním nádechu. Je považována za orientační ukazatel dechové zdatnosti. Důležitým ukazatelem je i expirační rychlost, měřená jako usilovný výdech za 1 či 3 s. (Bartůňková, 2006). Přibližné hodnoty klidových a maximálních ventilačních ukazatelů u netrévaného (N) a vytrvalostně trénovaného (VT) dospělého muže znázorňuje tab. 4.

**Tabulka 4 Ventilační ukazatele trénovaného a netrévaného jedince (Bartůňková, 2006)**

Ukazatele	Klidové hodnoty		Maximální hodnoty	
	N	VT	N	VT
DF (dech $\cdot$ min $^{-1}$ )	16	10	60-70	60
V <sub>T</sub> (ml)	500	800-1000	2000	3500
MV (l $\cdot$ min $^{-1}$ )	8-10	8-10	100	150-200
FVC (l)	4,5 až 5	6 až 8	-	-
FEV <sub>1</sub> (%)	70 až 85		-	

*Legenda:*

DF (dechová frekvence), V<sub>T</sub> (dechový objem), MV (minutová ventilace),

FVC (usilovná vitální kapacita plic), FEV<sub>1</sub> (usilovný expirační objem za 1 sekundu)

Za **respirační ukazatele** se považují hodnoty dýchacích plynů, vyjadřované buď v procentuálním zastoupení (%) či v hodnotách tlaku, a to jak v kPa (nové jednotky) nebo v mmHg (starší jednotky). Složení vdechovaného vzduchu je přibližně 78 % dusíku (N<sub>2</sub>), 21 % kyslíku (O<sub>2</sub>), 1 % vzácných plynů a 0,03 % oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>), zatímco

vydechovaný vzduch má v různých částech výdechu složení rozdílné. Na začátku výdechu je jeho procentuální složení stejné jako u vdechovaného vzduchu, neboť se vydechuje vzduch z mrtvého prostoru (přibližně 150 – 230 ml). V druhé části výdechu je vypuzován vzduch alveolární, obsahující méně  $O_2$  a více  $CO_2$ .

K výměně plynů mezi krví a vdechovaným vzduchem dochází v malém plicním krevním oběhu. Do plicních hilů vstupují plicní tepny, které se v plicích podél bronchů dále větví a rozpadají se do sítí kapilár opřádající plicní sklípky. Molekuly plynů musí překonat stěnu plicního sklípku, plochý respirační epitel a stěnu kapiláry, ploché endotelové buňky a cytoplazmatickou membránu erytrocytu. K výměně plynů dochází prostou difusí. Její míra závisí na difusní ploše, koncentračním spádu na obou stranách membrány, tloušťce membrány a na parciálních tlacích plynů. Čím je větší parciální tlak  $pO_2$  (tzn. nabídka kyslíku), tím větší množství  $O_2$  se váže na hemoglobin. Maximální saturace hemoglobinu kyslíkem činí 98,5 %.

#### **Projevy různé procentuální saturace hemoglobinu kyslíkem: ([www.aeroweb.cz](http://www.aeroweb.cz))**

- **98-95 %** – normální hodnoty
- **95-85 %** se obvykle neprojevuje žádnými příznaky, kompenzační reakce nás chrání před příznaky hypoxie, narůstá tepová a dechová frekvence
- **85-75 %** se projevují zlepšením nálady, hovorností, žertovností, nárůstem odvahy, odbrzděním sebekontroly, ochotou neobvykle manévrovat, zvýšenou snahou komunikovat, pocitem euforie, pocitem lehké opilosti
- **75-60 %** – obtížné dýchání, úzkost, slabost, nevěle, pocit na zvracení, bolest hlavy, zhoršení koncentrace, návaly horka a chladu, ztuhlost, mravenčení, pocit na zvracení, zešednutí zorného pole, trubicovité vidění, neostře vidění, snížení schopnosti rozumět mluvené řeči, zpožděná odpověď na změny polohy
- **60 % a níže** – bezprostředně hrozící hypoxické křeče a bezvědomí

Uvedené hodnoty jsou však hrubě orientační a mohou se u jednotlivých osob výrazně lišit. Pro odebrání 1 litru kyslíku je za klidové situace zapotřebí, aby plícemi prošlo 20 – 30 litrů vzduchu.

**Oxid uhličitý** je transportován krví. V organismu ho můžeme nalézt rozpuštěný v plasmě, vázaný na hemoglobin nebo na bikarbonáty. Při výdechu se organismus zbavuje nadbytečně vyprodukovaného CO<sub>2</sub>, a tak jako u kyslíku, se oxid uhličitý přes alveolární sklípky dostává prostou difusí z organismu do okolního prostředí.

Mění se hodnoty O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> ve vdechovaném a vydechovaném vzduchu, v arteriální a žilní krvi jsou uvedeny v tab. 5 (Trojan a kol., 2003).

**Tabulka 5 Zastoupení dýchacích plynů v klidových podmínkách v různých dechových a oběhových oddílech (Trojan a kol., 2003)**

Parciální tlaky plynů při tělesné teplotě a atmosférickém tlaku vzduchu 760 mmHg (101,33 kPa)	pO <sub>2</sub> (mmHg)	pO <sub>2</sub> (kPa)	pCO <sub>2</sub> (mmHg)	pCO <sub>2</sub> (kPa)	pN <sub>2</sub> +vzácné plyny (mmHg)	pN <sub>2</sub> +vzácné plyny (kPa)
Tlak ve vdechovaném vzduchu	150	20	0,3	0,04	563	75,06
Tlak ve smíšeném vzduchu s alveolárním vzduchem	102	13,6	40	5,33	571	76,13
Tlak v arteriální krvi	100	13,33	40	5,33	571	76,13
Tlak ve smíšené venózní krvi	40	5,33	46	6,13	571	76,13
Tlak ve vydechovaném alveolárním vzduchu	116	15,47	28	3,73	569	75,86

### 2.3.2 Regulace dýchání

Dýchání je řízeno centrálně i periferně nervovými a látkovými (chemickými) mechanismy.

#### Centrální nervové řízení ventilace

Hlavní dýchací centrum s vdechovou (inspirační) a výdechovou (expirační) areou je umístěno v prodloužené míše, zatímco nadřazená centra (centrum apneustické a pneumotaxické) jsou situována do Varolova mostu. Přitom důležité inspirační centrum je stimulováno z apneustického a tlumeno z pneumotaxického centra. Významnou složkou volní a mimovolní regulace dýchání je však aktivita jak korových, tak podkorových center, zejména limbického systému (McArdle et al., 2007). Můžeme se tedy rozhodnout, jakým způsobem budeme dýchat nebo kdy na určitou dobu dýchat přestaneme. Většinou se však jedná o mimovolní regulaci.

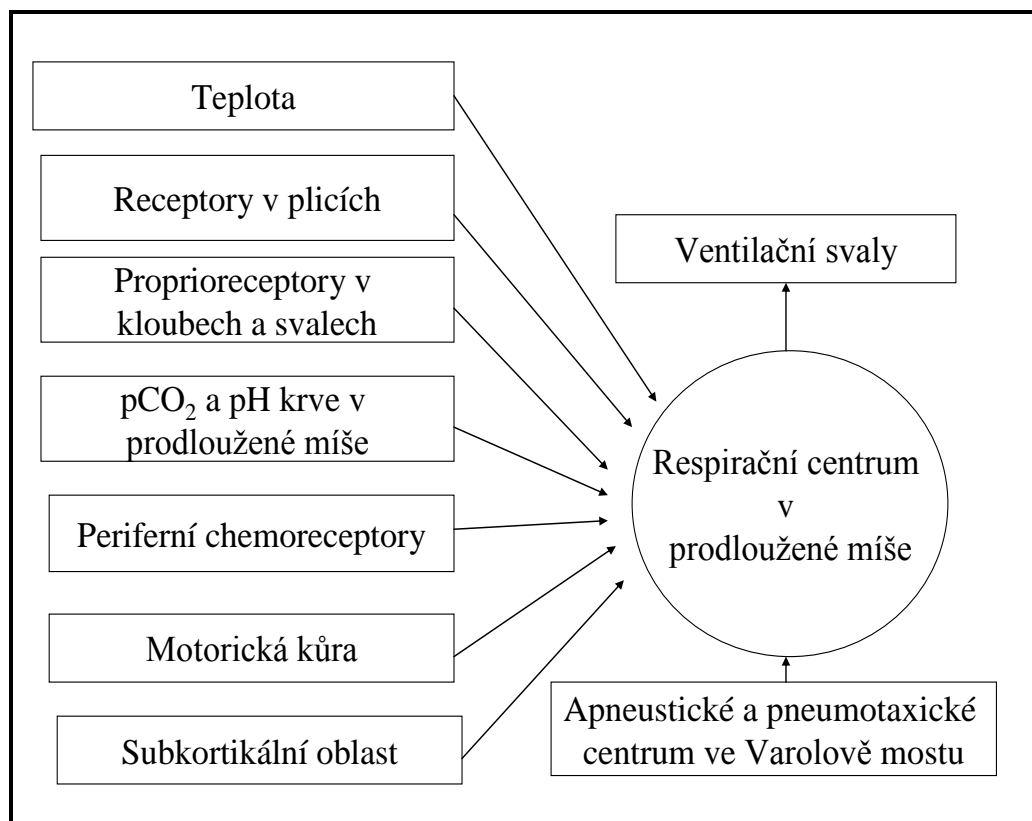
## Periferní nervové řízení ventilace

Periferní nervové řízení se odehrává v plicích a souvisí s podrážděním inflačních receptorů ve sklípcích při jejich inspiračním roztažení. Aferentně, prostřednictvím senzitivních neuronů n. vagus, je inhibován tonus vdechového a současně aktivován tonus výdechového centra (Hering-Breuerův reflex). Nastává výdech, který se rytmicky střídá s nádechem. V rámci periferního nervového řízení se však uplatňuje i vzruchová aferentace ze svalových a kloubních proprioreceptorů (obr. 7).

## Látkové řízení ventilace

Při látkovém řízení ventilace má největší význam množství jednotlivých dýchacích plynů (kyslík a oxid uhličitý) a pH krve působící zpětnou vazbu. Podnětem pro chemickou regulaci dýchání je změna vyjádřená formou parciálních tlaků ( $pO_2$  a  $pCO_2$ ), tedy tlakem plynu vztaženého k celkovému atmosférickému tlaku vzduchu, 101,3 kPa. Dýchací centrum v prodloužené míše obsahuje centrální chemoreceptory citlivé na  $pCO_2$ . Ty reagují na hyperkapnii, jsou však rovněž citlivé na acidózu. Periferní arteriální chemoreceptory jsou drážděny při hypoxii, tedy při snížení  $pO_2$  (Trojan a kol., 2003).

Mezi další stimulující faktory respiračního centra patří i zvýšená tělesná teplota, stoupající při fyzické zátěži o 1 – 4 °C, obr. 7 (McArdle et al., 2007).



Obrázek 7 Přehled faktorů ovlivňujících ventilaci (McArdle et al., 2007)

## Respirační dysbalance

Při klidovém nádechu odpovídá  $pO_2$  alveolárního vzduchu hodnotě 13,3 kPa (100 mmHg). Běžné parciální tlaky v arteriální krvi jsou  $pO_2$  10,0-13,3 kPa (75-100 mmHg) a  $pCO_2$  4,8-6,0 kPa (36-45 mmHg). Periferní receptory v karotických a aortálních tělíscích, tedy v arteriální krvi, jsou drážděny při poklesu  $pO_2$  na 7,3 kPa (55 mmHg). Odpovědí je zvýšená ventilace. Hlavním podnětem pro nádech je však nárůst oxidu uhličitého. Čím vyšší je v krvi  $pCO_2$ , tím více roste dechová frekvence a dechový objem. Z klinického hlediska je významný pokles u  $pO_2$  pod 6,5 kPa (50 mmHg) a naopak vzestup  $pCO_2$  nad 6,5 kPa (Cinglová, 2002). Za kritickou hodnotu se považuje  $pCO_2$  6,6-9,3 kPa (50-70 mmHg), při níž se objevuje narkotický účinek na dýchací centrum (Ganong, 2005).

V případě nedostatečné výměny plynů nastávají závažné poruchy, jako jsou hypoxie či hyperkapnie. **Hypoxie**, nedostatek kyslíku, může mít řadu příčin, může být hypoxická, transportní, ischemická a histotoxická (Vokurka, Hugo a kol., 2008). U zdravého člověka se prostá forma hypoxické hypoxie může vyskytnout např. ve vysokých nadmořských výškách. **Hyperkapnie**, nadbytek oxidu uhličitého, vzniká při závažné poruše ventilace. Objeví se však i při nemožnosti zbavit se  $CO_2$  dýcháním. **Asfyxie** je kombinací hypoxie a hyperkapnie. U zdravého člověka se objeví např. při tonutí nebo při zasypání lavinou.

## 2.4 Výzkumné aktivity

Informace o chování organismu ve sněhové lavině a jeho vyrovnávání se stresem jsou čerpány převážně z kasuistik, neboť simulovat přesně podmínky, jako při pádu laviny, je velice obtížné. Výzkumy probíhají zejména v Evropě a Americe. Nejčastější jsou v alpských zemích např. v Rakousku, kde se tímto problémem zabývá Universita v Innsbrucku. Tam také vznikl projekt, který měl za cíl zkoumat vliv hyperkapnie na organismus prasat (<http://www.avalanche-center.org/News/2010/2010-01-07-Austria.php>). Nicméně po protestech ochránců zvířat bylo od dalších pokusů upuštěno, výsledky jsou proto neúplné. Další výzkumy probíhají ve Švýcarsku v Davosu, kde sídlí Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research. V Kanadě se touto problematikou zabývá University of British Columbia a University of Calgary, Alberta.

Řada výzkumných projektů, spojená často s postgraduálními studijními programy je realizována na univerzitách v USA. Jsou to zejména Arizona State University, Northern Arizona University, University of California, Merced, University of California, Santa Barbara, University of Colorado, Colorado State University, Montana State University,

Rutgers University, University of South Carolina, University of Utah, Utah State University, University of Washington.(<http://www.fsavalanche.org/Default.aspx?ContentId=43&LinkId=39&ParentLinkId=8>)

## **2.5 Shrnutí současných poznatků**

Úvodní kapitoly byly věnovány zásadám chování ve vysokohorském prostředí, možným rizikům a jejich prevenci. Podávají informace o získaných pozorováních, prováděných výzkumech a nových poznatcích, využívaných k prvotní záchranně (tzv. kamarádské pomoci). Popisují jednotlivé faktory vyvolávající vznik lavin, udávají statistický souhrn úmrtnosti v závislosti na čase (graf č. 1). Důležitou součástí teoretického úvodu jsou i nejnovější poznatky z fyziologie dýchání, zabývající se souvislostmi při zasypání sněhovou lavinou, problematikou respiračních problémů, zejména hypoxie a hyperkapnie. Součástí příloh je tabulka, která znázorňuje přehled několika nehod ve světě (příloha č. 3). Ty vypovídají o nebezpečí, které s sebou sněhové laviny přinášejí.

**Výzkum problematiky lavin je v současnosti rozdělen do tří hlavních oblastí:**

- Předpovídání podmínek vzniku lavin a metodika záchrany
- Statistiky lavinových nehod a pravděpodobnost přežití
- Výzkum a modelování podmínek pod lavinou s ohledem na hypoxii, hyperkapnii a hypotermii.

Výzkum a modelování podmínek pod lavinou s ohledem na hypoxii, hyperkapnii a hypotermii je pro svou experimentální náročnost a omezení při experimentech s dobrovolníky zatím prozkoumán nejméně. Svoji roli hrají i etické problémy. V literatuře se uvádí jen velmi omezené množství publikovaných experimentů zabývajících se difusí plynů pod sněhovou pokrývkou.

## **2.6 Zdůvodnění, význam a potřeba studie**

Dosavadní česká odborná literatura poskytuje pouze velice obecné informace o pobytu člověka pod sněhovou lavinou. Pro chování člověka v lavině jsou doporučované obecné postupy, které většinou vycházejí ze zpracovaných kasuistik. Výzkumným aktivitám v této oblasti nebyla zatím u nás, oproti alpským zemím, věnována dostatečná pozornost (Mašek a Sieger, 2011).



I v cizině se velká část prací věnuje správným postupům při záchraně zasypaných, např. „Field management of avalanche victims” (Brugger et al., 2001), způsobu vyhrabávání při zachování vzduchové kapsy před obličejem, organizaci záchrany, časovému plánu jednotlivých činností nebo technologickému pokroku v záchraně „Technological advances in avalanche survival” (Radwin et Grissom, 2002). Pouze výjimečně jsou prováděna cílená měření zabývající se asfyxií či hyperkapnií pod sněhem, jako třeba „Aufrechterhaltung der Oxygenierung und Ventilation während einer experimentellen Schneeingrabung durch Ableitung des ausgeatmeten Kohlendioxids“ (Radwin et al., 2000) nebo „Hypoxia and hypercapnia during respiration into an artificial air pocket in the snow: implications for avalanche survival“ (Brugger et al., 2003).

Problematikou přežití pod sněhovou lavinou z hlediska hyperkapnie a hypotermie se také zabývali Grissom et al. (2000) v publikaci „Respiration during snow burial using an artificial air pocket“, Grissom et al. (2004) v „Hypercapnia increases core temperature cooling rate during snow burial“, Radwin, et al. (2001) v “Normal oxygenation and ventilation during snow burial by the exclusion of exhaled carbon dioxide” nebo Grissom et al. (2004) v „Hypothermia during simulated avalanche burial and after extrication“.

Šance nezraněného člověka na přežití pod lavinou jsou tedy spojeny s problematikou hyperkapnie a hypotermie. Vzduchu je v prachovém sněhu dostatek, problémem je zvyšující se koncentrace CO<sub>2</sub> v okolí dýchacích cest. Ze statistik vyplývá, že více než 50 % lidí, kteří byli zasypani lavinou, nepřežije. Pro přežití v lavině je tedy kromě rizika hypotermie rozhodující existence vzduchové kapsy a možnosti difuze CO<sub>2</sub>.

Stlačený sníh obsahuje relativně velké množství vzduchu (i těžké a husté zbytky lavin obsahují okolo 50% vzduchu). Ten však, bohužel, člověk svým fyziologickým uspořádáním dýchacích cest neumí využít (Maeno et al., 1986).

## 3 Metodologická část

### 3.1 Cíle, výzkumné otázky, hypotézy a úkoly práce

#### 3.1.1 Cíl práce

Cílem výzkumu bylo kontinuální sledování kompenzačních mechanismů, zejména změn ventilačně-respiračních ukazatelů, v simulované sněhové lavině.

#### 3.1.2 Výzkumné otázky

- Jaké fyziologické rozdíly nastávají v organismu při výměně plynů u dýchání do uzavřeného objemu a dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu?
- Jaký je vztah mezi objemem vzduchové kapsy ve sněhu, rychlostí nárůstu koncentrace  $\text{CO}_2$  a poklesu koncentrace  $\text{O}_2$  ve vdechovaném vzduchu z této kapsy?

#### 3.1.3 Hypotézy

**H 1** Dýchání ze vzduchové kapsy ve sněhu, na rozdíl od dýchání z uzavřeného objemu, poskytuje kontinuální přísun  $\text{O}_2$  a odvod  $\text{CO}_2$ .

**H 2** Zásadní význam pro výměnu plynů při ventilaci pod sněhovou lavinou má velikost vzduchové kapsy.

#### 3.1.4 Úkoly práce

- Sběr a studium dokumentů a dat týkajících se tohoto tématu.
- Analýza a srovnání získaných informací.
- Výběr informací a vyvození důsledků pro samotné měření.
- Oslovení kompetentních osob a zajištění jejich účasti na experimentu (lékař, zdravotník, příslušníci horské služby, zástupci SHM (Společnost horské medicíny) a lékařské komise ČHS (Český horolezecký svaz)).
- Výběr probandů.

- Vytvoření nestandardizovaného dotazníku.
- Měření před zahájením vlastního experimentu (základní antropometrické parametry, test apnoe a spirometrické měření (FVC a FEV<sub>1</sub>).
- Měření fyziologických parametrů v laboratorních podmínkách - dýchání do uzavřeného objemu (nedifusibilní prostředí).
- Příprava experimentálního prostředí (vytvoření standardní vzduchové kapsy ve sněhu a její bezpečné utěsnění).
- Měření klimatických a sněhových podmínek.
- Měření fyziologických parametrů v terénních podmínkách - dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu (simulace laviny).
- Převod videozáznamů od jednotlivců do tabulek.
- Číselné a grafické zpracování výsledků.
- Interpretace získaných dat.
- Zpracování předběžných výsledků pro prezentaci u doktorské zkoušky.
- Sepsání disertační práce.

### **3.2 Omezení studie**

Omezení disertační práce vidíme zejména v těchto oblastech:

- a) relativně malý počet probandů
- b) soubor probandů nebyl vzhledem ke sledované problematice náhodný, výběr souboru byl přísně selektivní (zdraví, fyzicky i psychicky zdatní jedinci)
- c) naměřené hodnoty jsou platné pouze pro konkrétní klimatické podmínky (teplota vzduchu, teplota sněhu), pro konkrétní typ sněhu (měrná hustota, velikost krystalů, stáří sněhu, atd.), pro nadmořskou výšku v níž bylo měření realizováno
- d) omezení vyplývající z roční doby a geografické polohy v níž bylo měření realizováno

### **3.3 Metodologie výzkumu**

#### **3.3.1 Pilotní studie**

Celá tato výzkumná práce je pojata jako pilotní studie, která měla za úkol prověřit technickou stránku možností pro podobná měření, získat zkušenosti a zároveň první data.

Následující výzkum by se měl detailněji zabývat sledováním změn ventilačně-respiračních parametrů, fyziologických procesů a kompenzačních mechanismů lidského organismu zasypaného v simulované sněhové lavině v závislosti na čase a proměnlivosti sněhových podmínek.

Předpokládáme, že teprve navazující experimenty a další práce budou schopny obsáhnout další podrobnější informace a možnosti, které se v takto široké problematice vyskytují.

#### **3.3.2 Výběr výzkumné metody**

Projekt se skládá z několika částí, jednou z nejdůležitějších je experimentální část – samotné měření (simulace podmínek ve sněhové lavině). Ta má charakter empirického kvantitativního i kvalitativního výzkumu.

Pro získání dat tohoto charakteru můžeme použít mnoho způsobů.

##### **Mezi základní rozdělení patří:**

- a) pozorování
- b) dotazování
- c) experiment

Pozorování jsme jako možný způsob získání dat zavrhlí. Tato možnost v podstatě nepřicházela v úvahu, neboť bylo potřeba získat konkrétní hodnoty z lékařských přístrojů při pobytu probandů v simulované sněhové lavině. Pozorování proběhlo pouze v rámci zajištění bezpečnosti experimentu. Jednalo se o sledování reakcí probanda.

Dotazování jsme vyhodnotili jako účelné, i když pouze doplňující řešení k získání potřebných dat a údajů. Dotazování má opět několik možných forem.

##### **Formy dotazování:**

- a) rozhovor
- b) anamnéza
- c) dotazník

Rozhovor a jeho formy jsme zamítli zejména z důvodu emotivních reakcí po ukončení měření, neuspořádanému sdělování subjektivních pocitů a také častému dotazování probandů jak dlouhou dobu byli schopni ze sněhové kapsy dýchat. Tím hrozila reálná možnost odklonění rozhovoru od témat výzkumu i samotného měření.

Anamnéza se pro výzkum tohoto typu nehodí vůbec, jelikož se zabývá výzkumem života respondentů.

Studium prací Hendla (1990, 2004) a zároveň rozbor daného problému s odborníky, nás přivedly k myšlence použít jako doplňující metodu sběru dat dotazování, konkrétně dotazování pomocí nestandardizovaného dotazníku. Dotazník je ideální doplňující způsob získání dat a údajů pro tento druh výzkumu. Jeho klady vidíme zejména v jednoduché dostupnosti informací od zkoumaného vzorku respondentů. Pro zjednodušení celého výzkumu jsme zvolili formu ústního dotazování ihned po ukončení měření.

Hlavním způsobem k získání dat bylo v tomto případě použito jediné možné řešení – experiment. Je to nejvhodnější způsob pro získání validních dat s takovým množstvím proměnných. S naměřenými hodnotami jsme mohli pracovat a následně je dále vyhodnocovat. I když celkové zpracování všech informací bylo vzhledem k naměřenému množství údajů a počtu probandů značně časově náročné.

Experiment měl charakter empirického kvantitativního i kvalitativního výzkumu. **Vstupní proměnnou** byla experimentální situace, konkrétně simulace sněhové laviny, **závislými proměnnými** byly hodnoty měřených ventilačně-respiračních parametrů ovlivňujících zpětně **výstupní proměnnou**. Prostřednictvím dýchání docházelo u obou experimentálních měření (uzavřený objem a vzduchová kapsa ve sněhu) k poklesu množství kyslíku a zároveň k nárůstu oxidu uhličitého. Rušivé faktory viz. kapitola 3.2 Omezení studie.

### 3.3.3 Časová osa realizace výzkumu

V disertační práci jsme postupovali v níže uvedeném pořadí, ale je nutné podotknout, že mezi jednotlivými popsány částmi výzkumu jsme realizovali **odborné konzultace**, a to jak s odborníky v oblasti plicní ventilace, především s členy Katedry biomedicínské techniky z ČVUT-FBMT, tak s metodologem prof. RNDr. Janem Hendlem, CSc. z FTVS UK. Ti nám výrazně pomohli s odbornou i metodologickou částí výzkumné práce.

Experimentální měření vyžadovalo **souhlas etické komise** a **informovaný souhlas probanda**. Etická komise UK FTVS odsouhlasila záměr, realizaci projektu a stanovila

bezpečnostní kritéria. „Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS“ i „Informovaný souhlas probanda“ jsou součástí disertace (viz příloha č. 1 a 2).

Vlastnímu výzkumu předcházelo **oponentní řízení** na katedře fyziologie a biochemie FTVS UK v Praze o celkovém záměru a směru celé disertační práce. V této fázi jsme se také rozhodli pro konkrétní téma, postup měření a zpracování dat.

V souvislosti se zahájením příprav byli osloveni zástupci Společnosti horské medicíny a Lékařské komise České Horské společnosti.

Další fází disertační práce byla vlastní **tvorba anketního šetření**, tedy sestavení souboru otázek pokládaných po ukončení měření a jejich dodatečná formulace.

**Experimentální část** výzkumné práce byla realizována ve Špindlerově Mlýně v Krkonoších, v okolí chaty Zlatá vyhlídka. Přesně experimentální měření proběhlo na souřadnicích N 50°43.607' (severní šířky) a E 015°35.912' (východní délky) v nadmořské výšce 762 m. n. m. Příprava na experiment probíhala ve dnech 4. 3. a 5. 3. 2012. Samotné měření pak v termínu 6. 3. – 9. 3. 2012. Konkrétní naměřená data a hodnoty jsme v dalších dnech analyzovali, zpracovali a předběžné výsledky přednesli na mezinárodní, studentské, vědecké konferenci „Scientia movens 2012“, kterou jsme využili zejména k seznámení účastníků konference s projektem a představení dílčích výsledků prováděného měření (Mašek, 2012).

V průběhu těchto jednotlivých kroků jsme po konzultaci s metodology RNDr. Jaromírem Běláčkem, CSc. a Mgr. Martinem Komarcem z Odd BioStat při ÚBI 1.LF UK a VFN Praha a prof. RNDr. Janem Hendlem, CSc. z FTVS UK zvolili **konečné metody zpracování dat**.

Poslední fází výzkumu bylo závěrečné zpracování dat a jejich popis pro potřeby disertační práce.

### 3.3.4 Charakteristika výzkumného souboru

Cílem projektu **nebylo testování souboru**. Výběr souboru nemohl být vzhledem ke sledované problematice náhodný, naopak, výběr byl přísně selektivní.

Pro experimentální měření bylo potřeba využít **zdravé, fyzicky i psychicky zdatné jedince**. Proto se, po zralé úvaze, stali probandy studenti Vojenského oboru při FTVS UK Praha a příslušníci létajícího personálu 24.zDL Praha-Kbely, tedy vojáci z povolání, kteří každý rok u svého posádkového lékaře absolvují roční lékařskou prohlídku. Podmínkou byla zdravotní klasifikace A (v AČR nejvyšší možná zdravotní klasifikace).

Kromě zdravotní způsobilosti se jednalo o jedince s vysokou psychickou odolností (u studentů testováno v ÚVN Praha při vstupu do AČR, u létajícího personálu testováno v ÚLZ Praha během pravidelných ročních prohlídek). Navíc všichni museli být nekuřáci a z výročního přezkoušení tělesné výkonnosti být hodnoceni známkou 1 nebo 2 (podmínkou byla klasifikace známkou 1 nebo 2 minimálně tři roky zpět od data provádění experimentu). Experiment byl realizován v rámci přežití létajícího personálu v zimních podmínkách, kterého je povinen se tento personál na základě předpisu Let 3-10 jedenkrát ročně zúčastnit.

Celkem bylo odměřeno 22 probandů. Minimální doba výdrže u obou testů (dýchání do uzavřeného objemu a dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu) byla stanovena na pět minut. Při zpracování dat jsme **jedenáct** probandů **vyřadili** a s jejich naměřenými hodnotami dále nepracovali. K tomuto kroku jsme museli přistoupit z důvodu jejich předčasného ukončení experimentu a následné nemožnosti vzájemné komparace obou měření.

### 3.3.5 Zajištění bezpečnosti

Experiment byl v reálných podmínkách prováděn ve spolupráci s lékaři Kliniky anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny Ústřední vojenské nemocnice - Vojenské fakultní nemocnice Praha, zástupci SHM (Společnost horské medicíny) a zástupci lékařské komise ČHS (Český horolezecký svaz).

Pacientským monitorem DATEX Ohmeda (příloha č. 4) byly snímány vybrané oběhové (EKG, srdeční frekvence, krevní tlak), ventilační (minutová ventilace, dechový objem, dechová frekvence a odpor při výdechu) a respirační parametry – inspirovaný a exspirovaný oxid uhličitý ( $\text{FiCO}_2$  a  $\text{EtCO}_2$ ) a inspirovaný a exspirovaný kyslík ( $\text{FiO}_2$ ,  $\text{EtO}_2$ ). Pulzním oxymetrem, pracujícím na měnící se průsvitnosti tkání byla měřena saturace krve kyslíkem ( $\text{SpO}_2$ ).

Orientačně byla snímána i tělesná teplota probanda, ale vzhledem k relativně krátké době trvání experimentu jsme podchlazení organismu nepředpokládali. Všechny uvedené údaje nás průběžně informovaly o aktuálním stavu sledovaného jedince. Dále jsme byli s probandy v neustálém kontaktu, tzn. museli aktivně reagovat zvednutím ruky, nohy či řešit jednoduché matematické úkoly např. ukázat správný počet prstů (pro kontrolu jejich mozkové činnosti). Měření bylo ukončeno v okamžiku, kdy o to sami požádali, pokud reagovali nesprávným způsobem nebo na základě hodnot z přístrojů, jenž by při dalším pokračování překročily bezpečné zdravotní limity lidského organismu.

Hodnocení prováděl lékař – anesteziolog, který se při rozhodování o ukončení měření nespolehal pouze na údaje z přístrojů, ale hodnotil i celkový stav a chování probandů. K bezpečnostním opatřením patřila rovněž přítomnost příslušníků Horské služby. K dispozici jsme měli vozidlo LRD 130 Z (sanitka) vybavené pro první pomoc a vyškoleného zdravotníka (příloha č. 5).

#### **Důvody pro ukončení experimentu:**

- dosažení kritické koncentrace  $\text{FiCO}_2$  (8%) a  $\text{SpO}_2$  (65 %)
- snížení schopnosti probanda správně odpovídat na zadávané matematické úkoly (kontrola mozkových funkcí) např. ukazováním výsledků počítání na prstech
- žádost probanda o ukončení (vynětí náustku)
- pokyn lékaře – anesteziologa, který kontinuálně sledoval stav a projevy probanda

### **3.3.6 Průběh testování**

Experiment byl zahájen měřením základních antropometrických a vybraných spirometrických dat, které měly orientačně charakterizovat sledovaný soubor.

#### **A. Základní antropometrická data**

- **Kalendářní věk** byl stanoven podle tabulek pro převod kalendářních dnů a měsíců na desetiny roku (Kohlíková, 2012).
- **Hmotnost** byla měřena osobní elektronickou váhu s váživostí 130 kg a přesností 100 g.
- **Výška** byla stanovena setem pro měření výšky.

#### **B. Funkční měření:**

- Pro orientační hodnocení dechové zdatnosti jsme zvolili osobní spirometr MSP1 od výrobce Mesit Uherské Hradiště. Měřena byla usilovná **vitální kapacita plic** (FVC) a **usilovný expirační objem** za 1 sekundu  $\text{FEV}_1$ .
- Pro změření **statické apnoe** v **inspiriu** i **expiriu** byly použity digitální stopky.



### **C. Laboratorní měření – dýchání do uzavřeného objemu**

Po absolvování předtestů se změřením hmotnosti, výšky, vitální kapacity plic, usilovného expiračního objemu a statické apnoe (pro posouzení senzitivity na hypoxii a hyperkapnii), se každý proband zúčastnil prvního měření. Dýchal, co nejdéle, do **uzavřeného objemu**, který představoval igelitový nedifusibilní vak, o objemu **8 l** (příloha č. 6). Měření probíhalo v sedě, v budově, za normální pokojové teploty. Při tomto měření byla eliminována difuze plynů.

### **D. Terénní měření – dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu**

Následující den, z důvodu úplného vysycení  $\text{CO}_2$  z organismu a zabezpečení validity a reliability testu, proběhlo dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu. Pro opakovatelnost měření byla vždy, pro každého jedince zvlášť, vytvořena polokulovitá vzduchová kapsa o objemu 400 ml. Svrchu byla překryta kovovou deskou (příloha č. 7), od které vedly hadice končící v náustku probanda (příloha č. 8). Deska byla překryta igelitem a sněhem, aby byl vyloučen únik a difuze plynů směrem nahoru. Tím byla ve vzduchové kapse zajištěna konvekce vzduchu ze sněhu do kapsy a difuze  $\text{CO}_2$  z kapsy do sněhu.

V rámci experimentu nebyl nikdo zasypán sněhem, všichni probandi měli po celou dobu měření možnost volného pohybu. Leželi obličejem dolů na nosítkách s karimatkou (zabezpečení tepelné izolace) jenž byly umístěny na sněhu (příloha č. 9). Měřený jedinec měl v ústech náustek (příloha č. 10), který mu umožňoval dýchání do prostoru vzduchové kapsy pod ním.

Měření bylo realizováno pomocí jednosměrných ventilů (příloha č. 11) tak, aby byl zabezpečen nádech ze sněhové kapsy a výdech opět zpět do prostoru sněhové kapsy. Tím jak narůstal čas, začalo se postupně zvyšovat množství oxidu uhličitého ve vzduchové kapse ve sněhu, a dýchání probandů bylo stále více obtížnější. Mimo uvedené skutečnosti nebyl při dýchání do uzavřeného objemu a dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu naprosto žádný rozdíl.

Obě části experimentu (dýchání do uzavřeného objemu i dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu) byly monitorovány patientským monitorem DATEX Ohmeda a kontrolním patientským monitorem LIFEPAK 15 monitor/defibrillator.

### **Pokládání otázky po ukončení měření:**

- 1) Jak pohodlná – nepohodlná Vám připadala poloha na nosítkách (dotazování po dýchání do sněhové kapsy) (bolest za krkem, zima, apod.)?

- 2) Měl jste bolesti hlavy (kdy začala, jak výrazná byla)?
- 3) Měl jste rozostřené vidění (mžitky před očima, tunelové vidění, apod.)?
- 4) Měl jste pocity brnění v končetinách (nohy, ruce nebo prsty)?
- 5) Proč jste měření ukončil, čím jste byl limitován, co Vás omezovalo?
- 6) Myslíte si, že byste ještě nějakou chvíli vydržel a pokud ano tak jak dlouho?
- 7) Pociťoval jste nějaké rozdíly mezi dýcháním do uzavřeného objemu a dýcháním do vzduchové kapsy ve sněhu?
- 8) Sdělte nám, prosím, Vaše další subjektivní pocity.

### 3.3.7 Měřená data a měřicí přístroje

- **Hustota sněhu** byla měřena kalibrovaným měřícím válcem o objemu 500 ml (zapůjčen od pracovníků KRNAP, kteří pravidelně provádějí měření hustoty sněhu) a elektronickou vahou OHAUS typ LS 5000, s váživostí 5 kg a přesností 2 g.
- **Teplota sněhu i vzduchu** byla měřena kontinuálně po celou dobu experimentů (6 dní) ústřednou miniCube (výrobce EMS Brno, [www.emsbrno.cz](http://www.emsbrno.cz)) a teplotními čidly Pt 100.
- **Těsnost vzduchové kapsy** byla prováděna vždy před, i po ukončení měření. Pro kontrolu těsnosti vzduchové kapsy jsme použili tlakoměr Testo 512 s rozsahem 0 – 2 hPa. Jako zdroj tlakového vzduchu byl použit kompresor ORFI 190/24 W bezolejový s technickými parametry – nasávané množství vzduchu  $190 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ , max. přetlak 8 barů, tlaková nádoba 24 l s redukčním ventilem AS2\*01F-01-04S o konstantním průtoku  $60 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ , s regulátorem tlaku vzduchu IR1000-F01 od firmy SMC.
- **EKG záznam, srdeční frekvence a krevní tlak** byly snímány patientským monitorem DATEX Ohmeda.
- **Ventilační** (dechová frekvence, dechové objemy, minutová ventilace, odpor při výdechu) a **respirační parametry** ( $\text{FiCO}_2$ ,  $\text{EtCO}_2$ ,  $\text{FiO}_2$ ,  $\text{EtO}_2$ ) byly rovněž snímány patientským monitorem DATEX Ohmeda.
- **Saturace krve kyslíkem ( $\text{SpO}_2$ )** byla snímána patientským monitorem DATEX Ohmeda, zahrnujícím pulzní oxymetr. Bylo však použito i nezávislé kontrolní snímání patientským monitorem LIFEPAK 15 monitor/defibrillator od firmy Physio Control.

- **Tělesná teplota** probanda byla sledována měřicí ústřednou teploty Minikin T, (výrobce EMS Brno, [www.emsbrno.cz](http://www.emsbrno.cz)).
- **Velikost vzduchové kapsy** po ukončení měření (příloha č. 14 a 15) byla měřena standardním ocelovým měřítkem. V našich podmínkách bylo možno měřit jen změnu hloubky této kapsy.

### 3.3.8 Organizace sběru, získání a zpracování dat

Vlastní experiment zahrnoval především měření ventilačních parametrů jako jsou minutová ventilace, dechová frekvence a dechové objemy s monitorováním teploty vydechovaného vzduchu a nárůstu koncentrace  $\text{CO}_2$  ve vytvořené vzduchové kapse. Dále průběžné sledování srdeční činnosti pomocí 3 svodového EKG (příloha č. 12). Snímání  $\text{FiCO}_2$ ,  $\text{EtCO}_2$ ,  $\text{FiO}_2$  a  $\text{EtO}_2$  bylo prováděno patientským monitorem DATEX Ohmeda, nezávisle (zdvojeně) bylo snímáno  $\text{SpO}_2$  (příloha č. 13). Experiment byl ukončen na vlastní žádost probanda (mohl sám vyndat náustek), nebo poklesem  $\text{SpO}_2$  a nárůstem expirovaného  $\text{CO}_2$  pod a nad kritické hodnoty, případně na příkaz lékaře – anesteziologa, který se při rozhodování o ukončení měření nespolehal pouze na údaje z přístrojů, ale hodnotil i celkový stav a chování probandů.

Simulace laviny proběhla v experimentálních podmínkách sněhové závěje po již ověřených předtestech. Proband ležel na nosítkách s karimatkou, přes něj byl přehozen spací pytel tak, aby byl zachován co nejlepší, možný tepelný komfort. Tělo i ruce mu zůstali volné, dýchal prostřednictvím náustku. Kontakt s ním byl zajištěn opticky, akusticky i taktilně.

Naměřená data sledovaných parametrů byla zpracována do protokolů, snímána na dvě zcela nezávislé videokamery a následně předzpracována v tabulkovém kalkulátoru (Excel 2003 resp. open source pod licenci GNU z kancelářského balíku Open Office).

### 3.3.9 Analýza a statistické zpracování dat

Analýzu naměřených dat jsme provedli v programu Statistika. Normalitu sledovaných proměnných jsme hodnotili na základě odchylek šikmosti (skewness) a špičatosti (kurtosis) od nulové hodnoty (normálního rozdělení) a rovněž pomocí Kolmogorov-Smirnova testu normality. Na základě výsledků těchto testů jsme usoudili, že předpoklad normality je splněn u převážné většiny proměnných, a proto jsme se rozhodli pro analýzu průměrných hodnot.

Vzhledem k charakteru dat jsme využili analýzu rozptylu při opakovaném měření se dvěma faktory (2-way repeated analysis of variance), kdy jeden faktor představoval různé podmínky pozorování (2 opakování) a druhý faktor představoval časový průběh pozorování v rámci daných podmínek (11 opakování). Hodnoty  $p < 0,05$  byly považovány za statisticky významné. V grafech jsou tyto body označeny hvězdičkou (\*).

### 3.3.10 Řešení zvláštních situací

Mezi zvláštní situace jsme zahrnuli problémy technického a organizačního rázu, které bezprostředně ohrožovaly přesnost a reprodukovatelnost naměřených údajů. Na základě poznatků z předchozího pilotního měření jsme se zaměřili na následující body.

- **Měření hmotnosti sněhu.** Váha byla temperována na spodní hranici provozní teploty udávanou výrobcem ( $-10^{\circ}\text{C}$ ). Před zahájením vlastního měření jsme kalibrovali váhu na místě měření sněhu externím závažím o hmotnosti 200 g.
- **Měření teploty sněhu a vzduchu.** Ústředna miniCube se šesti teplotními čidly byla konstruována pro dlouhodobá outdoorová měření (rok a více) v teplotním rozsahu  $-40^{\circ}\text{C}$  až  $+60^{\circ}\text{C}$ . Po celou dobu experimentu nedošlo k žádným technickým problémům.
- **Měření fyziologických parametrů.** Nejnáročnějším článkem celého terénního experimentu byla příprava adekvátních podmínek pro použití patientského monitoru DATEX Ohmeda.

Jednalo se zejména o:

- **Dodržení teplotního rozsahu stanoveného výrobcem.** Patientský monitor DATEX Ohmeda byl umístěn ve stanu, temperování přístroje jsme zabezpečili topnými fóliemi a dodatečnou tepelnou izolací.
- **Funkčnost hadic** pro odběry analyzovaných plynů (**nebezpečí zamrznutí**). Hadice jsme zdvojili, dodatečně izolovali, zajistili externí vytápění odporovým drátem, navíc byl připraven kompresor s tlakovým vzduchem pro vyčištění (profouknutí) hadic.
- **Činnost odlučovače vlhkosti** (defendru) (**nebezpečí zamrznutí**). Záložní odlučovač byl připraven v pohotovosti.
- **Měřená data byla zobrazována paralelně 2x.** Jednou přímo ve stanu, v němž byl umístěn patientský monitor DATEX Ohmeda a podruhé na externím monitoru, mimo měřicí stanoviště.

### **Vybavení stanu – měřicího pracoviště**

- Pacientský monitor DATEX Ohmeda.
- Analogové nástěnné hodiny s velkým displejem.
- Závěsná svítidla na osvětlení stanu.
- Kamera se stativem pro kontinuální snímání:
  - displeje pacientského monitoru DATEX Ohmeda,
  - hodin s aktuálním časem (důležitý byl jednotný čas měření)
  - zvukové stopy s online komentářem měření.

### **Vybavení měřicího stanoviště probanda**

- Druhá kamera, určená pro online snímání stavu probanda.
- Nosítka, matrace, karimatka a spacák pro lepší izolaci probanda, ležícího na sněhu.
- Podmínkou byla přítomnost lékaře.

### **Vybavení stanoviště řídicího pokusu**

- Třetí kamera, která byla určena pro celkový pohled na organizaci a průběh experimentu.
- Externí monitor připojený k pacientskému monitoru DATEX Ohmeda.
- Záložní snímač SpO<sub>2</sub> – pacientský monitor LIFEPAK 15 monitor/defibrillator.
- Vysílačka pro komunikaci s týmem.

## 4 Výsledková část

### 4.1 Výsledky měřených dat

#### 4.1.1 Základní měření

Věková hranice probandů se pohybovala od 19 do 35 let, průměrný **věk** probandů byl **25,3 roku** se směrodatnou odchylkou 4,5.

**Hmotnost** probandů byla od 68 do 91 kg, průměrná hmotnost byla **79,2 kg** se směrodatnou odchylkou 7,5.

Průměrná **výška** probandů byla **180,6 cm**. Minimální naměřená výška byla 173 cm a maximální výška 192 cm. Směrodatná odchylka byla 5,4.

#### 4.1.2 Funkční měření

Při měření usilovné vitální kapacity plic, **FVC**, byly naměřeny hodnoty 3,8 l (minimální) a 5,9 l (maximální). Průměrná vitální kapacita plic byla **4,9 l** se směrodatnou odchylkou 0,6.

Při měření usilovného expiračního objemu za 1 sekundu ( $FEV_1$ ) jsme naměřili minimální hodnotu 3,8 l a maximální hodnotu 5,2 l. Průměrná hodnota  **$FEV_1$**  byla **4,4 l** a směrodatná odchylka 0,4.

U statické **apnoe v inspiriu** se naměřené hodnoty probandů pohybovaly v rozmezí od 37 s do 120 s. Průměrná hodnota byla **63 s** se směrodatnou odchylkou 25.

U statické **apnoe v expiriu** byla minimální naměřená hodnota 23 s, maximální hodnota 79 s a průměrná hodnota **42 s** se směrodatnou odchylkou 16.

**Tabulka 6 Antropometrická a funkční charakteristika souboru**

Ukazatele	$\bar{x} \pm sd$	min.	max.
Věk (r)	25,3 ± 4,5	19	35
Výška (cm)	180,6 ± 5,4	173	192
Hmotnost (kg)	79,2 ± 7,5	68	91
FVC (ml)	4915,5 ± 603,5	3770	5880
Náležitá VC (%)	99,1 ± 13	71,8	114,2
$FEV_1$ (ml)	4385,5 ± 448,8	3760	5150
$FEV_1$ (%)	89,7 ± 6,1	79,1	99,7
Inspirační apnoe (s)	63 ± 25	37	120
Expirační apnoe (s)	42 ± 16	23	79

### 4.1.3 Měření sněhových a klimatických podmínek

Měření hustoty sněhu jsme prováděli každý den, od 5. 3. 2012 do 8. 3. 2012, vždy ráno před zahájením testu s dýcháním do vzduchové kapsy ve sněhu. Hustotu sněhu jsme změřili pokaždé třikrát a hodnoty zprůměrovali. Konkrétní průměrné hodnoty pro uvedené dny byly  $405 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $310 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $348 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a  $378 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Celková průměrná **hodnota hustoty sněhu** byla  **$360 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$** .

**Teplota sněhu** byla měřena kontinuálně po celou dobu experimentu, 20 cm pod povrchem sněhové pokrývky. Nejnižší naměřená hodnota byla  **$-5,8^{\circ}\text{C}$** , nejvyšší hodnota  **$-0,5^{\circ}\text{C}$** . Teplota se v době realizace experimentu (dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu) pohybovala s 95-ti % pravděpodobností v tolerančním pásmu od  $-3,1^{\circ}\text{C}$  do  $-0,5^{\circ}\text{C}$ .

**Teplota vzduchu** byla měřena kontinuálně po celou dobu experimentu, ve výšce 2 m nad povrchem terénu. Nejnižší naměřená hodnota byla  **$-7,5^{\circ}\text{C}$** , nejvyšší hodnota  **$+4,8^{\circ}\text{C}$** . V době realizace experimentu (dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu) se teplota pohybovala s 95-ti % pravděpodobností v tolerančním pásmu od  $-5,1^{\circ}\text{C}$  do  $+4,8^{\circ}\text{C}$ .

Maximální hodnota **těsnosti vzduchové kapsy před zahájením** dýchání do sněhu vyjádřená jako přetlak v dutině při konstantním přítoku vzduchu do dutiny průtokem  $60 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  byla 13,4 Pa, minimální hodnota 6,0 Pa, průměrná hodnota **8,9 Pa** a směrodatná odchylka 1,9.

Maximální hodnota **těsnosti vzduchové kapsy po ukončení** dýchání do sněhu, vyjádřená jako přetlak v dutině při konstantním přítoku vzduchu do dutiny průtokem  $60 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  byla 10,4 Pa, minimální hodnota 1,7 Pa, průměrná hodnota **5,7 Pa** a směrodatná odchylka 3,0.

**Velikost vzduchové kapsy** po ukončení měření byla vždy o něco větší než před zahájením dýchání do sněhu. Záleželo na době, po kterou proband do vzduchové kapsy dýchal a na denní době. V čase okolo poledne probandí zpravidla vydrželi dýchat do vzduchové kapsy po delší čas. Tento trend připisujeme vyšší teplotě sněhu, než byla v ranních a pozdně odpoledních hodinách, kdy byl sníh přemrzlý, což probandům znesnadňovalo teplým dechem zvětšit sněhovou kavernu a prodloužit si tak čas dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu. Přesný rozměr nebylo možné v konkrétních podmínkách změřit.

Sledované parametry ( **$\text{FiCO}_2$ ,  $\text{EtCO}_2$ ,  $\text{FiO}_2$ ,  $\text{EtO}_2$ , MV,  $V_T$ , DF, a  $\text{SpO}_2$** ) byly stěžejní částí našeho výzkumu.

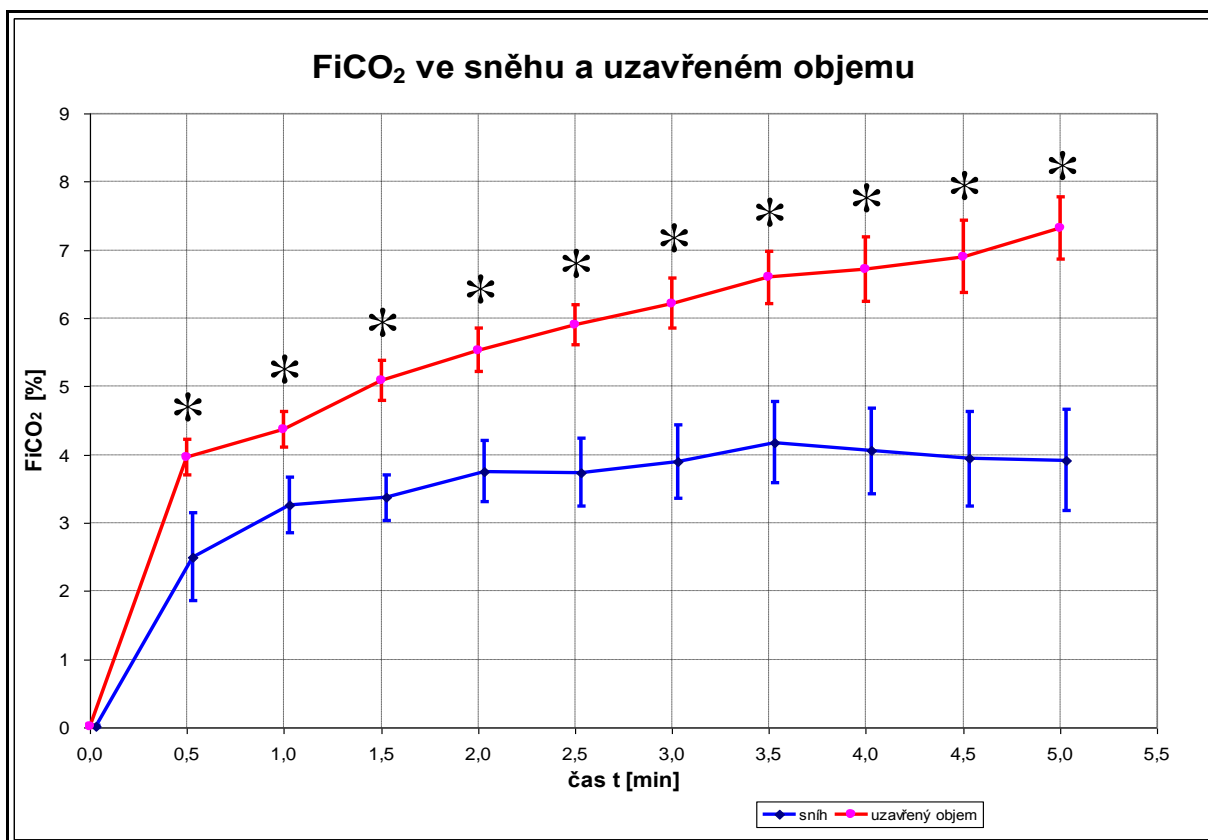
#### 4.1.4 Dýchání do uzavřeného objemu a dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu

**Tabulka 7** Naměřené průměrné hodnoty sledovaných ventilačně – respiračních parametrů

<b>Ukazatele</b>	<b>Výchozí průměrné hodnoty vzduchové kapsy ve sněhu ± sd</b>	<b>Konečné průměrné hodnoty vzduchové kapsy ve sněhu ± sd</b>	<b>Výchozí průměrné hodnoty uzavřeného objemu ± sd</b>	<b>Konečné průměrné hodnoty uzavřeného objemu ± sd</b>
<b>FiCO<sub>2</sub> (%)</b>	0 ± 0	3,9 ± 2,4	0 ± 0	7,3 ± 1,4
<b>EtCO<sub>2</sub> (%)</b>	4,1 ± 1,3	6,3 ± 1,6	4,2 ± 1	7,4 ± 1,4
<b>FiO<sub>2</sub> (%)</b>	21 ± 2,8	14,1 ± 3,9	21 ± 1,4	8,7 ± 2,8
<b>EtO<sub>2</sub> (%)</b>	16,9 ± 1,6	10,5 ± 3	17,4 ± 1,8	8,5 ± 2,8
<b>MV (l·min<sup>-1</sup>)</b>	13,3 ± 4,5	49,5 ± 6,8	12,2 ± 4,2	45,4 ± 8,9
<b>V<sub>T</sub> (ml)</b>	1122,7 ± 591,1	1660 ± 719,7	854,2 ± 405	1408,1 ± 484,7
<b>DF (dech·min<sup>-1</sup>)</b>	13,7 ± 5,4	36,7 ± 16,6	16,2 ± 7,5	35,8 ± 13,1
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	98,9 ± 1,2	64 ± 17,2	98,7 ± 1,3	73,4 ± 15,7

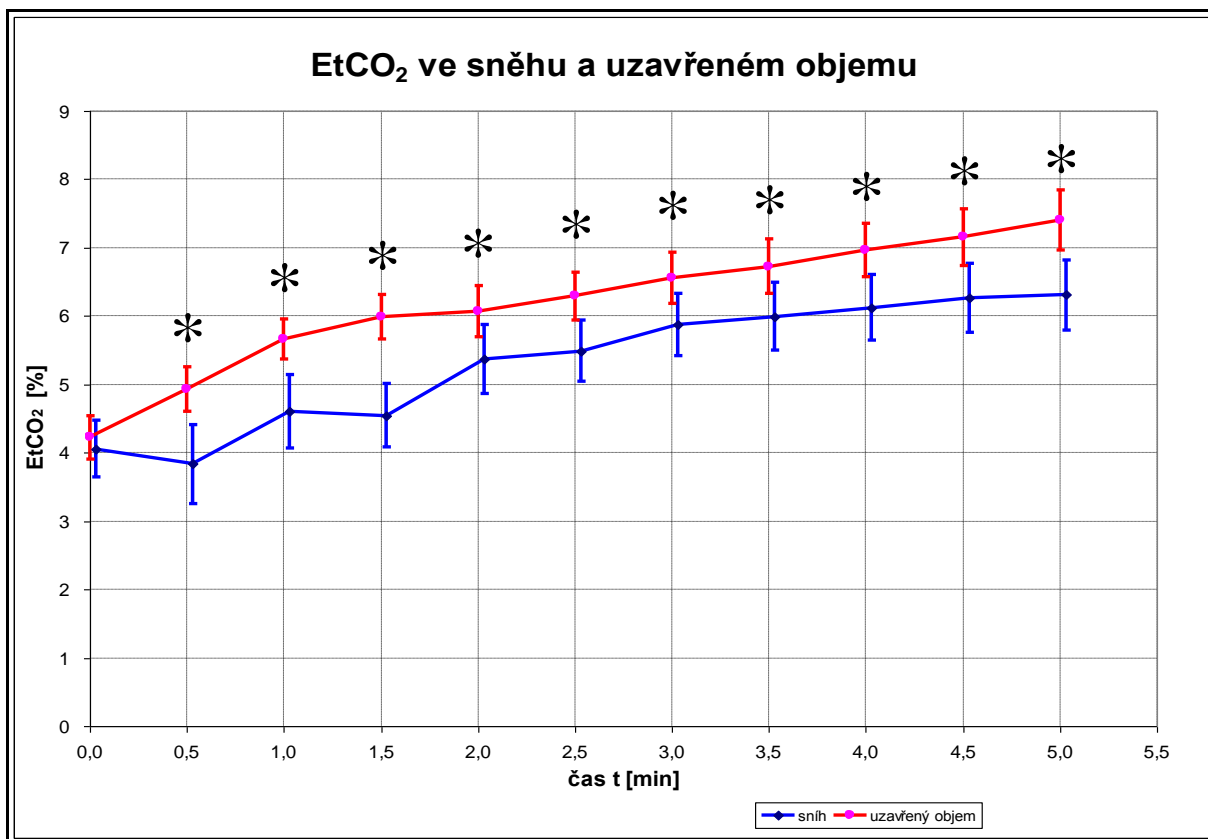
Výsledky měření jsou přehledně zpracovány v grafech č. 2 až č. 13, které nejlépe charakterizují a porovnávají situaci při dýchání do uzavřeného objemu a dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu. Měření byla zpracována taktéž statisticky. Primární data a detailní informace jsou obsaženy v přílohách č. 16 až č. 27.





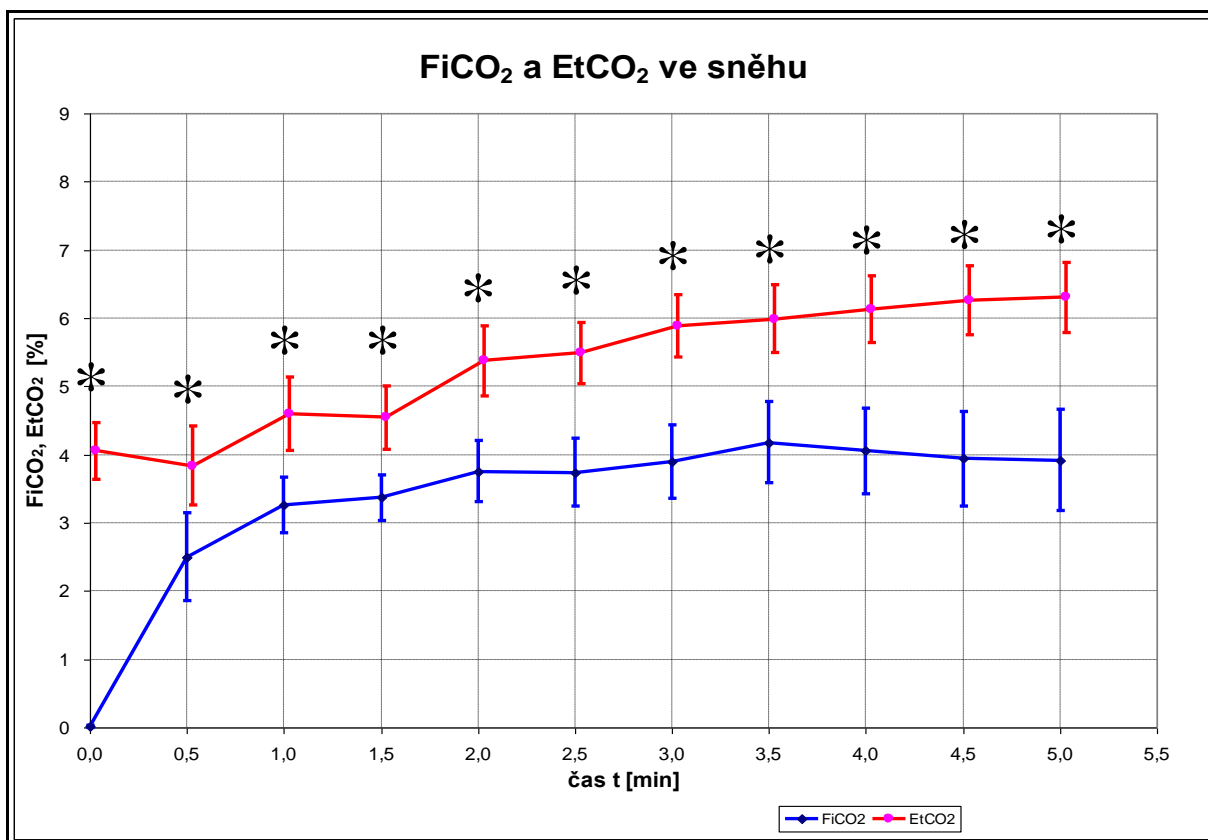
**Graf 2 FiCO<sub>2</sub> ve sněhu a uzavřeném objemu**

Legenda: \* p < 0,05



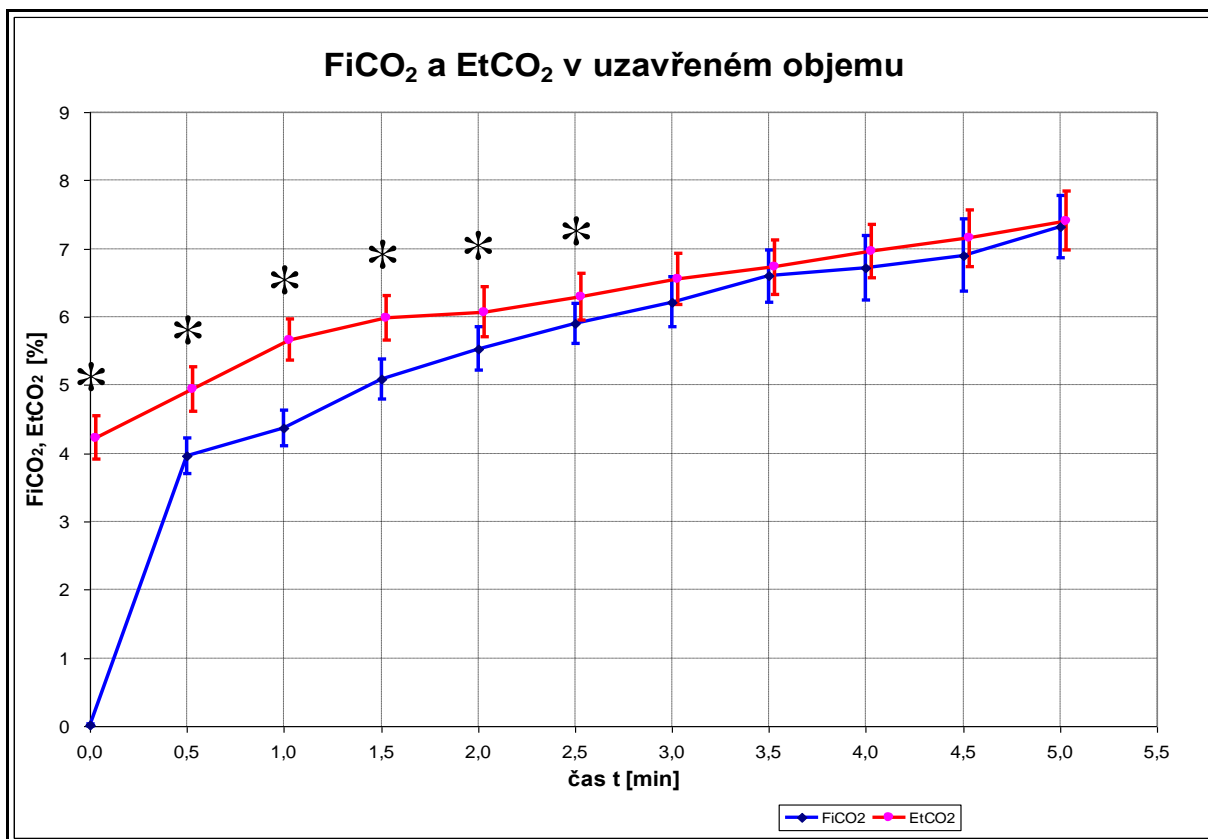
**Graf 3 EtCO<sub>2</sub> ve sněhu a uzavřeném objemu**

Legenda: \* p < 0,05



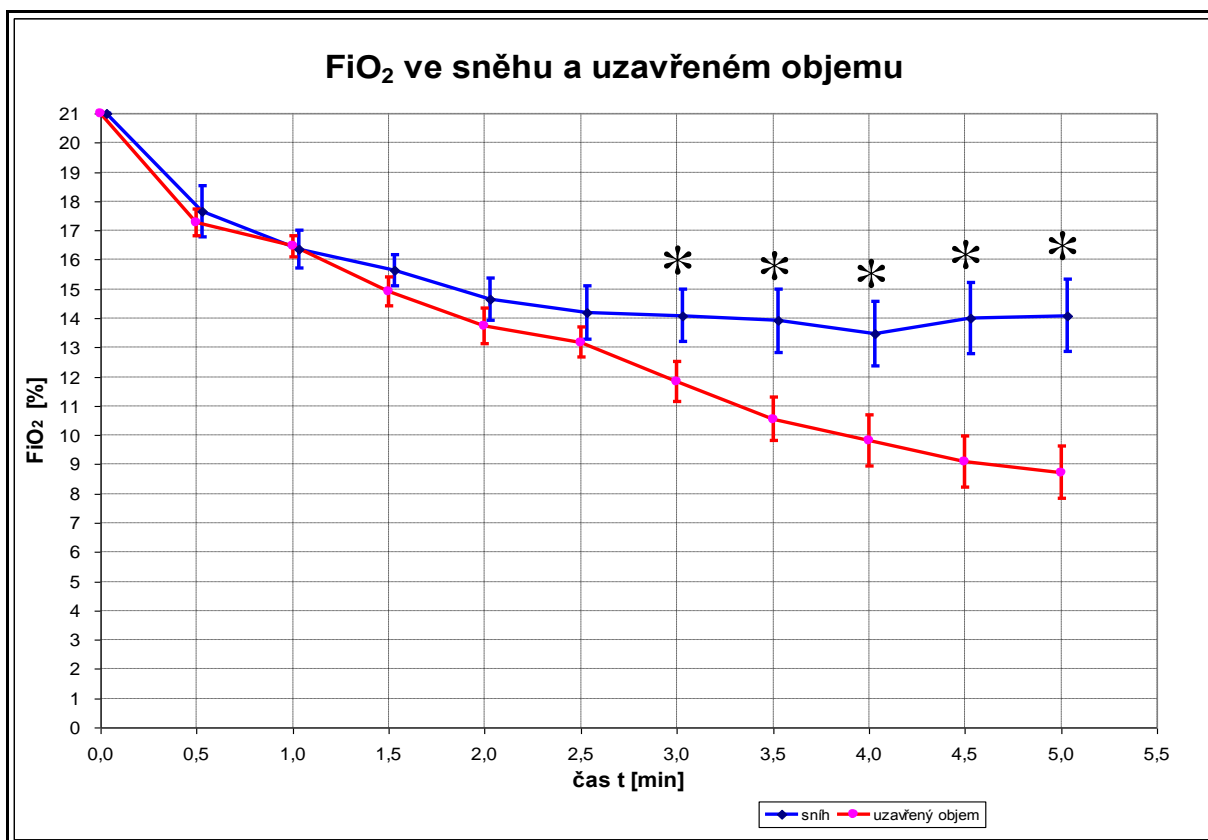
**Graf 4 FiCO<sub>2</sub> a EtCO<sub>2</sub> ve sněhu**

Legenda: \* p < 0,05



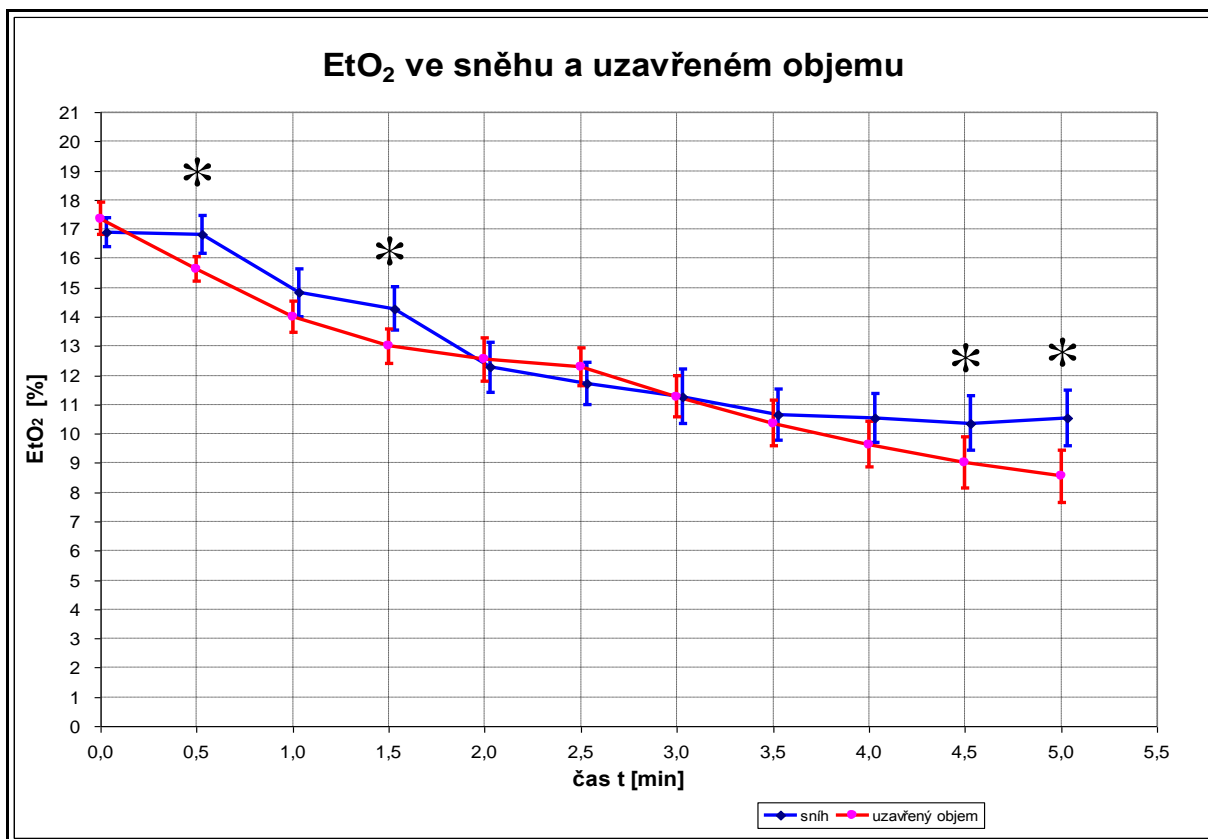
**Graf 5 FiCO<sub>2</sub> a EtCO<sub>2</sub> v uzavřeném objemu**

Legenda: \* p < 0,05



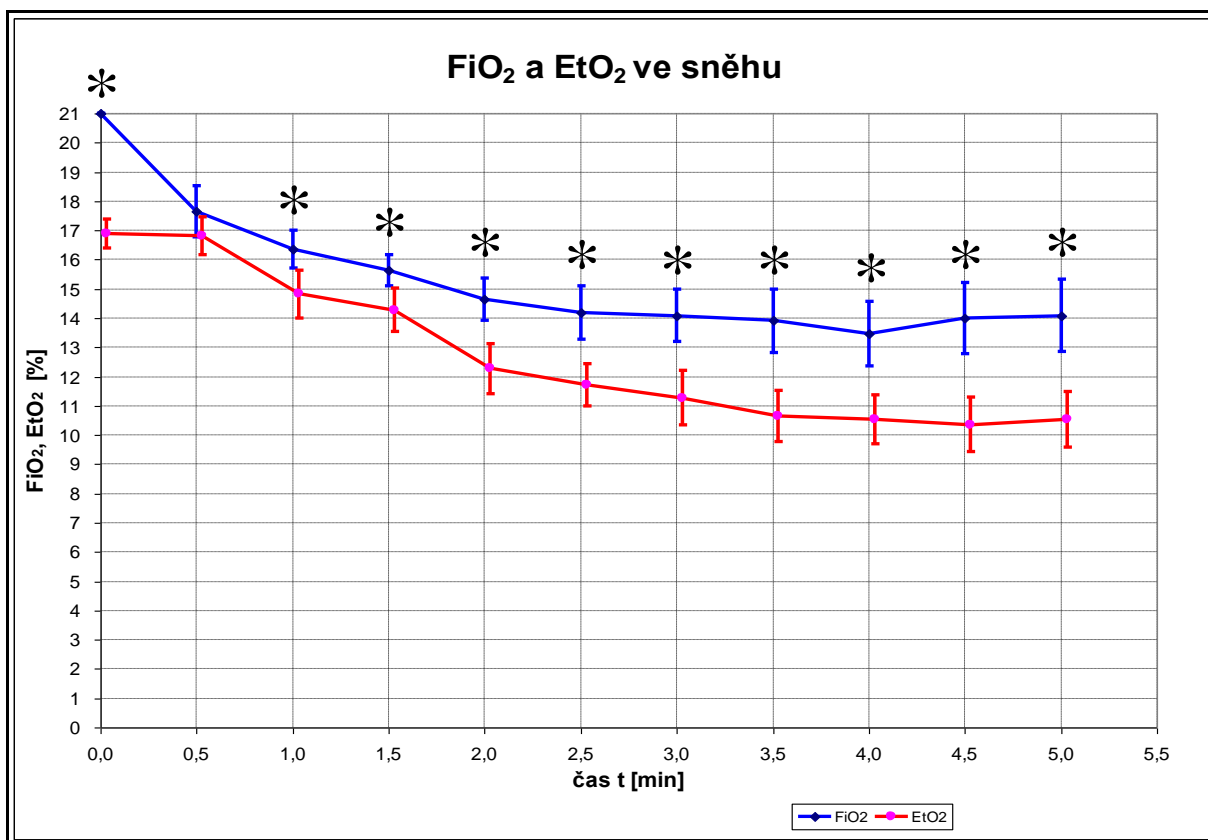
**Graf 6 FiO<sub>2</sub> ve sněhu a uzavřeném objemu**

Legenda: \* p < 0,05



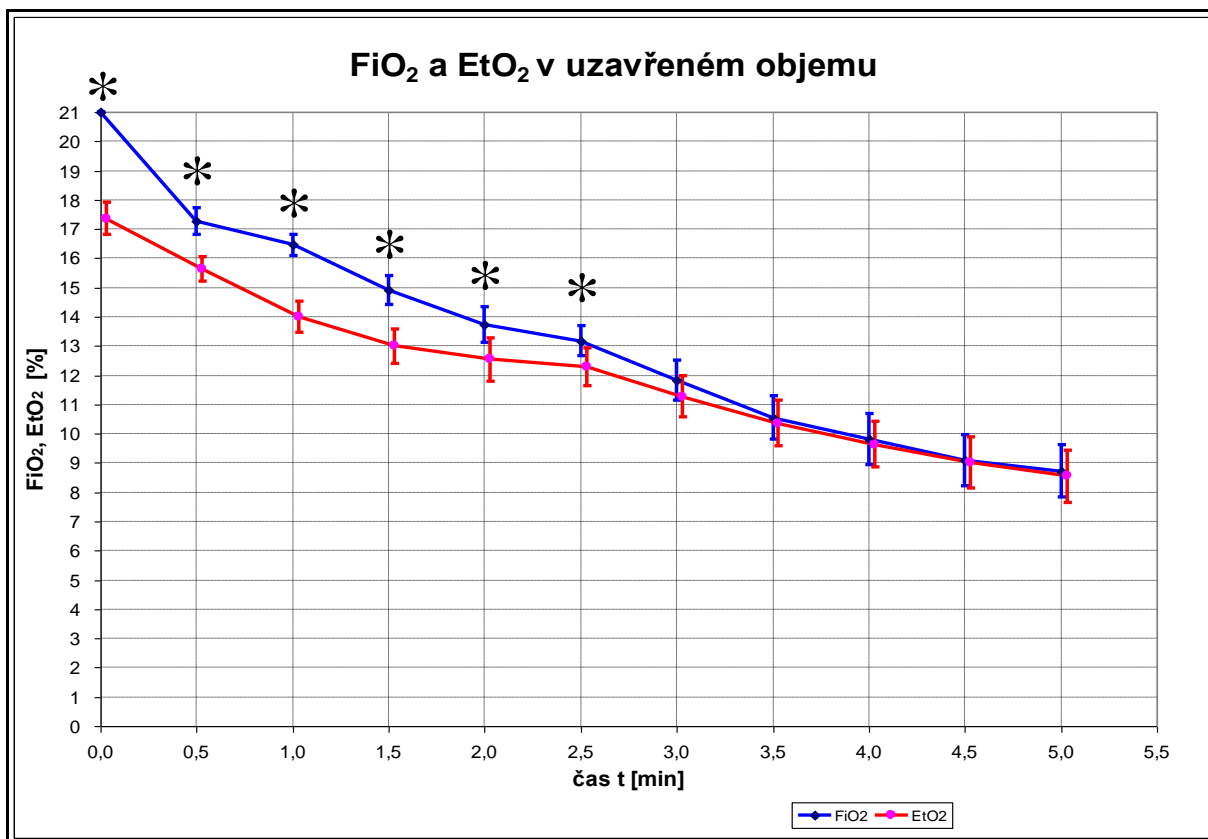
**Graf 7 EtO<sub>2</sub> ve sněhu a uzavřeném objemu**

Legenda: \* p < 0,05



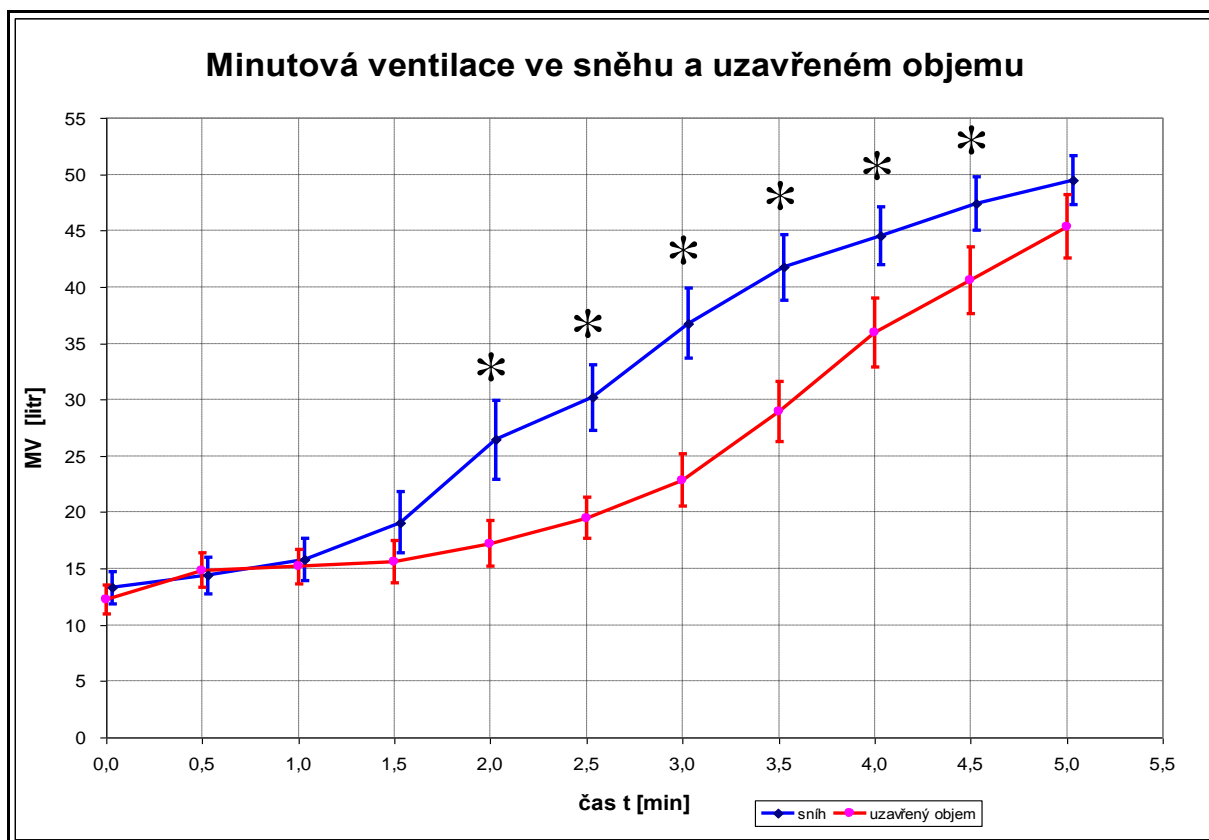
**Graf 8 FiO<sub>2</sub> a EtO<sub>2</sub> ve sněhu**

Legenda: \* p < 0,05



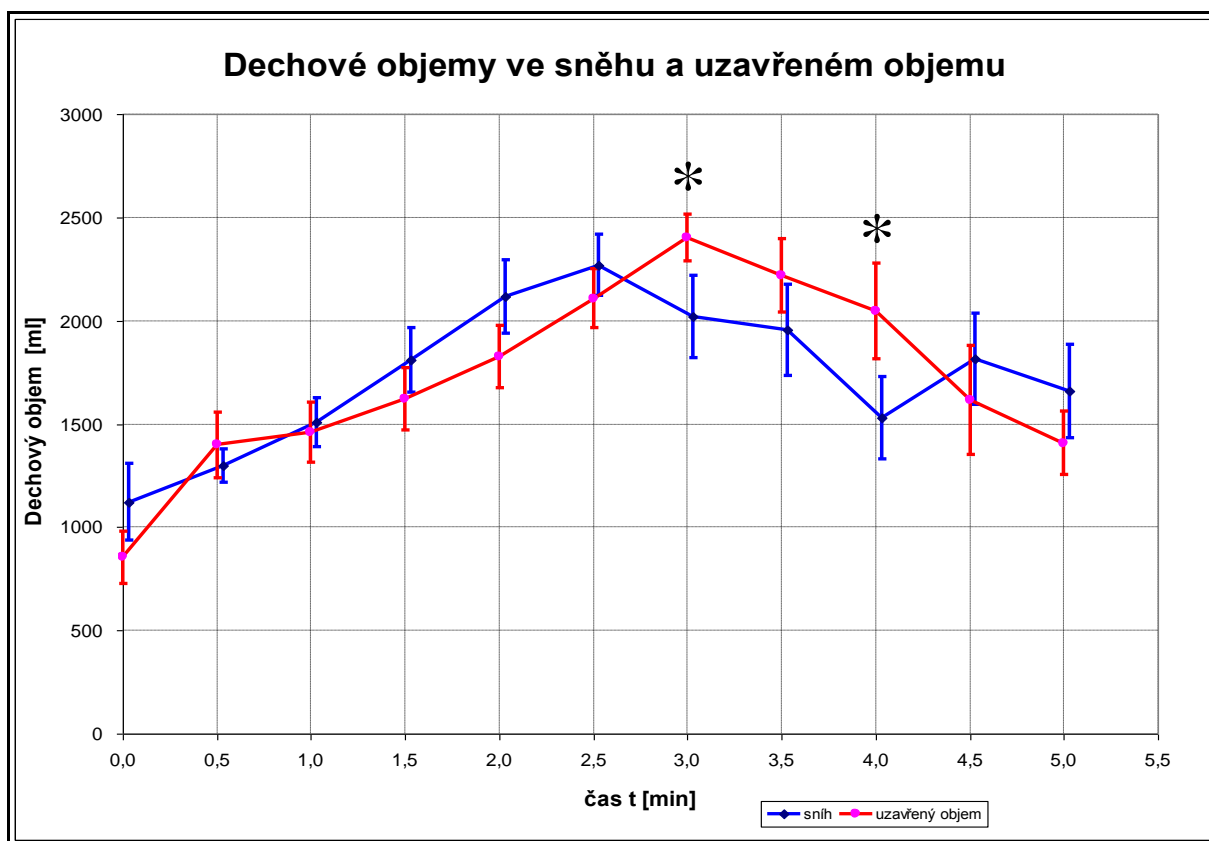
**Graf 9 FiO<sub>2</sub> a EtO<sub>2</sub> v uzavřeném objemu**

Legenda: \* p < 0,05



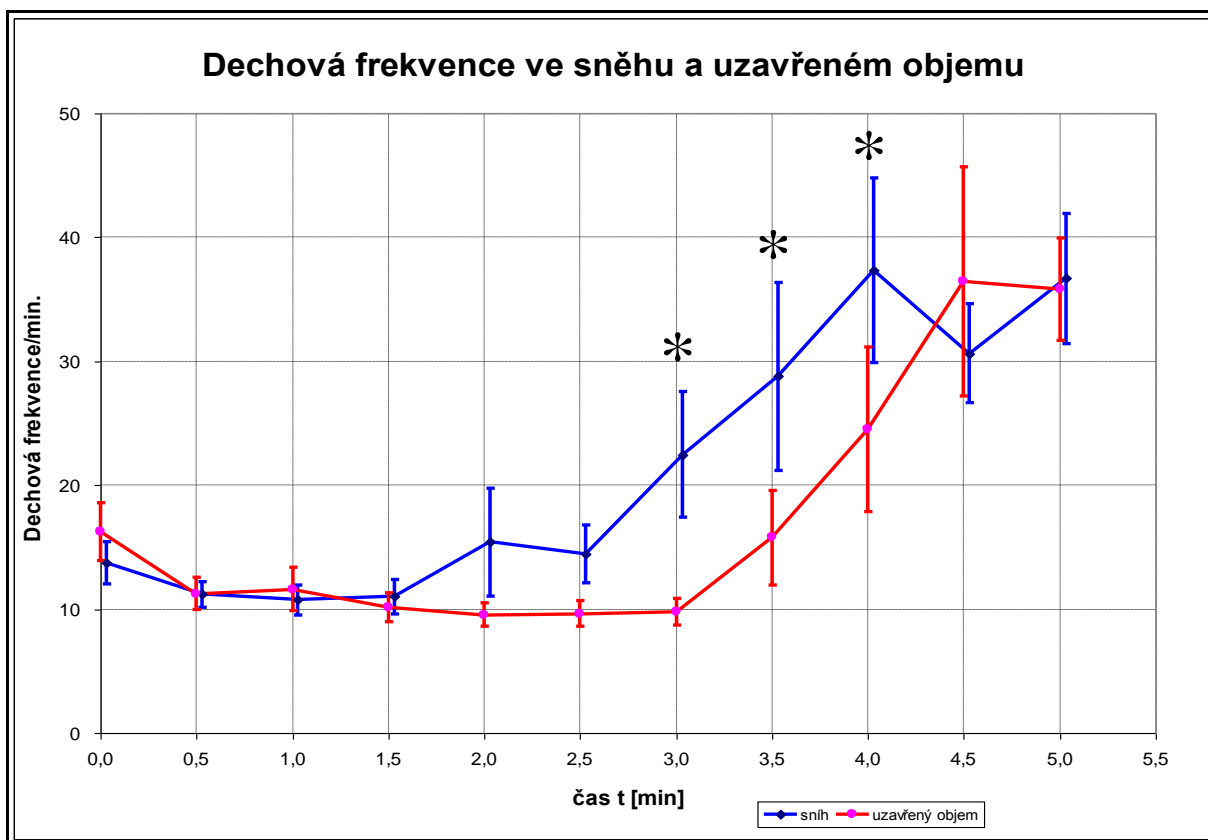
**Graf 10 Minutová ventilace ve sněhu a uzavřeném objemu**

Legenda: \*  $p < 0,05$



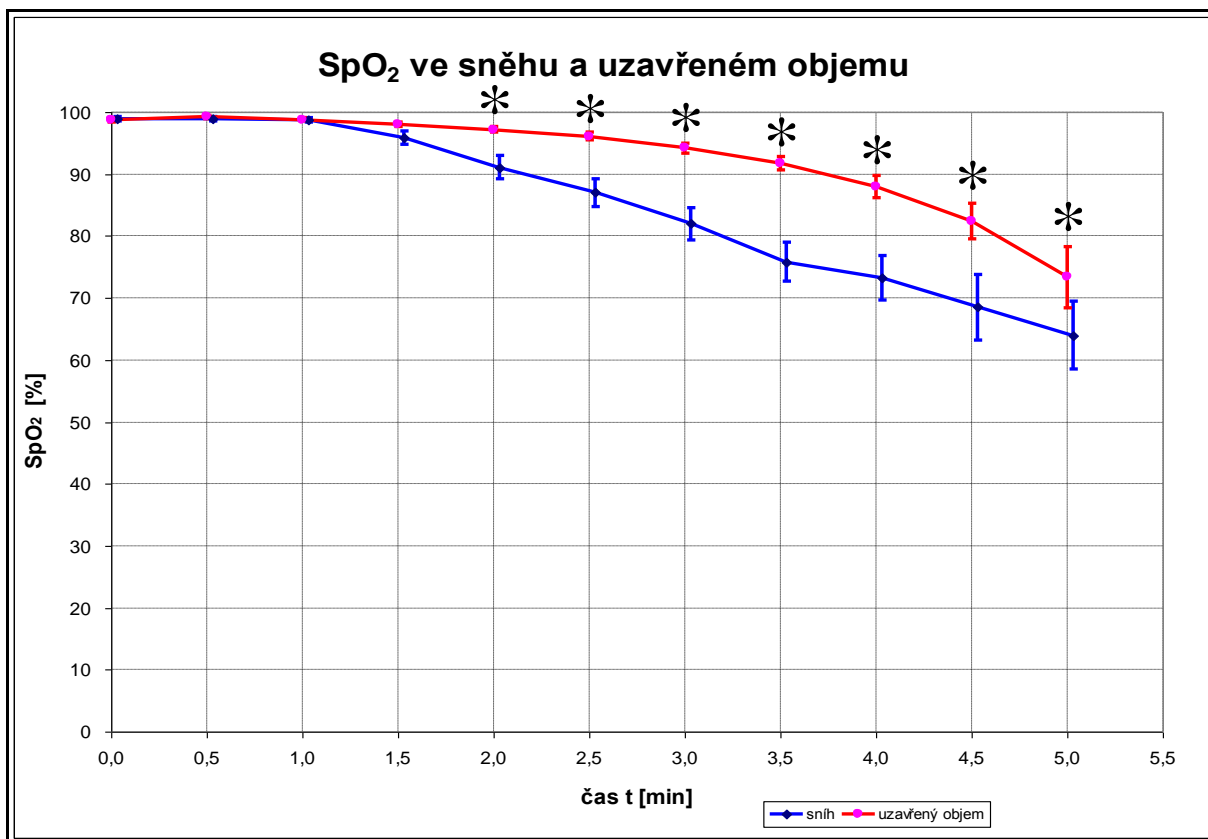
**Graf 11 Dechové objemy ve sněhu a uzavřeném objemu**

Legenda: \*  $p < 0,05$



**Graf 12 Dechová frekvence ve sněhu a uzavřeném objemu**

Legenda: \*  $p < 0,05$



**Graf 13 SpO<sub>2</sub> ve sněhu a uzavřeném objemu**

Legenda: \*  $p < 0,05$

## **4.2 Vyhodnocení dotazníku**

- **Otázka č. 1 – Jak pohodlná - nepohodlná Vám připadala poloha na nosítkách (bolest za krkem, zima, apod.)?**

Tato otázka byla pouze orientační. Do dotazníku jsme ji zařadili z důvodu kontroly objektivitu prováděného měření. Probandům jsme ji pokládali pouze po ukončení dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu. Měla potvrdit naše hypotézy o tom, že jsme dokázali zajistit maximálně možně, pohodlnou polohu, která nemohla výrazně ovlivnit výsledky při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu.

Všech jedenáct probandů se shodlo na tom, že poloha byla bezproblémová a nijak je v samotném dýchání neomezovala. Taktéž žádný z probandů neuvedl, že by mu byla taková zima, aby musel měření předčasně ukončit.

- **Otázka č. 2 – Měl jste bolesti hlavy (kdy začala, jak výrazná byla)?**

Na tuto otázku nám šest probandů z jedenácti dotazovaných odpovědělo, že po ukončení měření pociťovali výraznou bolest hlavy a to jak při dýchání do sněhu, tak i při dýchání do uzavřeného objemu. Tři probandi odpověděli, že bolest hlavy nepociťovali ani u jednoho z obou měření a dva, že zatímco u dýchání do uzavřeného objemu bolest hlavy nezaznamenali, při dýchání do vzduchové kapsy byla bolest hlavy výrazná.

- **Otázka č. 3 – Měl jste rozostřené vidění (mžítka před očima, tunelové vidění, apod.)?**

Osm probandů odpovědělo, že s rozostřeným viděním, ani jinými změnami ve vidění nemělo žádný problém. Jeden z probandů měl po určitém čase potřebu zavírat oči a to jak u dýchání do vzduchové kapsy, tak i u dýchání do uzavřeného objemu. Jednomu se dělalo černo před očima a přestával vidět s tím, že při dýchání do uzavřeného objemu měly tyto změny výrazně intenzivnější průběh. Poslední z probandů měl při dýchání do uzavřeného objemu pocit tlaku na oči, oproti dýchání do vzduchové kapsy, kdy nezaznamenal žádné takové pocity.

- **Otázka č. 4 – Měl jste pocity brnění v končetinách (nohy, ruce nebo prsty)?**

U této otázky nám šest probandů odpovědělo, že pociťovali brnění v končetinách a to jak u dýchání do uzavřeného objemu, tak u dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu. Tři probandi neměli žádné takové pocity u žádného z měření. Jeden z probandů pociťoval

třes v končetinách při dýchání do vzduchové kapsy a jeden zatíval svaly při dýchání do uzavřeného objemu, zatímco u dýchání do vzduchové kapsy tyto problémy neměl.

- **Otázka č. 5 – Proč jste měření ukončil, čím jste byl limitován, co Vás omezovalo?**

V této otázce se všichni probandi shodli na tom, že nejvíce limitující byl značný diskomfort, pocit dušení, nedostatek čerstvého vzduchu a intenzivní potřeba se nadechnout. Nikdo měření neukončil na základě nepohodlné polohy, pocitu zimy (při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu), nebo jiných nepříjemných pocitů, mimo intenzivního pocitu dušení.

- **Otázka č. 6 – Myslíte si, že byste ještě nějakou chvíli vydržel a pokud ano tak jak dlouho?**

Na otázku číslo šest nám všichni probandi u měření dýchání do uzavřeného objemu odpověděli, že by vydrželi maximálně čtyři až pět nádechů, pak by pravděpodobně omdleli. Ty samé odpovědi platily i pro dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu, s výjimkou dvou probandů, u kterých jsme po 30 minutách experiment ukončili. Ti si vydýchali ve sněhu další prostor, který jim zabezpečoval dostačující přísun  $O_2$  a odvod  $CO_2$ .

- **Otázka č. 7 – Pociťoval jste nějaké rozdíly mezi dýcháním do uzavřeného objemu a dýcháním do vzduchové kapsy ve sněhu?**

V této otázce se všichni probandi shodli na tom, že dýchání do uzavřeného objemu bylo ze začátku daleko snazší než dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu. Dýchání do uzavřeného objemu se v prvních chvílích prakticky nelišilo od normální ventilace. Tato skutečnost je pochopitelná, neboť uzavřený objem měl velikost 8 l, takže probandy v začátcích nijak nelimitoval oproti vzduchové kapse ve sněhu, která měla objem 400 ml. V průběhu času se pocity při dýchání začaly měnit, což bylo opět v souladu s našimi hypotézami, neboť v uzavřeném objemu nedocházelo k žádné výměně plynů, kdežto ve sněhu byl, i když v omezeném množství, zajištěn přísun  $O_2$  a odvod  $CO_2$ .

- **Otázka č. 8 – Sdělte nám, prosím, Vaše další subjektivní pocity:**

Čtyři z jedenácti probandů zaznamenali při experimentu pocity tepla a to jak při dýchání v místnosti do uzavřeného objemu tak při dýchání venku do vzduchové kapsy.



Jeden z probandů uvedl, že při dýchání do vzduchové kapsy pociťoval intenzivní tlak a píchání na hrudníku. A dva probandi hovořili o pocitech štěstí, které zaznamenávali těsně před ukončením měření.

## 5 Diskuse

Tato disertační práce je pilotní studií a to nejen z hlediska experimentálního, ale i metodologického. Náročné bylo především zabezpečení technického vybavení a příprava samotného výzkumného měření v neméně náročných klimatických podmínkách. Celý experiment musel navíc proběhnout s minimalizací rizik. Předpokládáme, že použité postupy budou možným východiskem pro další výzkumy podobného typu.

### 5.1 Zhodnocení experimentálního souboru

Experimentální soubor byl tvořen selektivně vybranou skupinou, tvořenou zdravými jedinci, vojáky AČR (příslušníky 24.zDL Praha-Kbely a studenty Vojenského oboru FTVS UK Praha). Přesto výsledky předtestu nevykazovaly příliš vysoké známky trénovanosti a spíše odpovídaly průměrným populačním hodnotám. Spirometrická hodnota vitální kapacity plic (měřená usilovným výdechem) činila v průměru 4,9 l, což odpovídalo 99 % jejich náležité VC plic, tedy předpokládané plicní kapacitě, vztažené k výšce a hmotnosti probandů. Podle norem IBP činí populační hodnota vitální kapacity plic odpovídající věku 25 let dokonce 5,4 l (4,6-6,1) (Seliger a Bartůněk, 1976).

Rovněž apnoický test, a to jak v inspiriu, 63 s (37-120 s), tak v expiriu, 42 s (23-79 s), se významně nelišil od hodnot stanovených pro běžnou populaci. Populační normy pro netréované muže jsou 50 – 60 s pro apnoi v inspiriu a 30 – 40 s pro apnoi v expiriu (Heller, 2011). Při těchto testech po apnoi v inspiriu poklesla saturace krve kyslíkem z 99 % na 95 % a po apnoii v expiriu z 99 na 88 % (Heller a Vodička, 2011).

Můžeme tedy konstatovat, že vyšetřovaná skupina nebyla z hlediska fyzické zdatnosti nijak výjimečná. Větší odolnost a připravenost, s prvky soutěživosti, se ale výrazně projeví v oblasti psychické.

### 5.2 Analýza výsledků

Jak je patrné z průběhu celého experimentu, ze získaných a prezentovaných dat zapracovaných do výsledkových grafů, a z odpovědí probandů na jednotlivé otázky nestandardizovaného dotazníku, jedná se o značně složitou problematiku, do které vstupuje celá řada faktorů a proměnných.

Pro důkaz difusibility dýchacích plynů ve sněhu bylo použito srovnání dvou experimentálních situací, dýchání do **uzavřeného objemu** (příloha č. 6) a **vzduchové kapsy ve sněhu** (příloha č. 8). Oba dva tyto prostory se záměrně lišily svým objemem.

Objem uzavřeného prostoru představoval 8 l, zatímco objem vzduchové kapsy ve sněhu byl 20x menší, činil pouhých 400 ml. Z křivek sledovaných parametrů jsou patrné podobné, i když v některých konkrétních případech i lehce odlišné průběhy.

Protože se objevovaly v obou experimentálních situacích velké rozdíly v délce výdrže (při dýchání do uzavřeného objemu od cca 2 min. až po cca 7,5 min. a při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu od cca 2 min. až po 30 min., kdy došlo k ustálení dýchání a experiment musel být ukončen), byla zvolena **jednotná doba** pro **vyhodnocení** vzájemných vztahů mezi dýcháním do difusibilního a nedifusibilního prostředí a to 5 minut. Probandi, kteří nedokázali vydržet dýchat (do uzavřeného objemu i do vzduchové kapsy ve sněhu) alespoň 5 minut, byli ze studie vyřazeni.

Graf č. 2 znázorňuje statisticky významný rozdíl mezi inspirovaným oxidem uhličitým ve sněhu a uzavřeném objemu. Zatímco se průměrné hodnoty CO<sub>2</sub> při dýchání probandů do sněhové kapsy dostaly po 5 minutách k hranici 4 % a tam se ustálily (dokonce začaly mírně klesat), při dýchání do uzavřeného objemu vystoupaly k hranici 7,5 % a měly tendenci dále růst.

Graf č. 3 vypovídá o nárůstu exspirovaného oxidu uhličitého, kdy se při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu dostávají průměrné hodnoty z fyziologických 4 % pře hranici 6 %, zatímco při dýchání do uzavřeného objemu hodnoty dosahují až 7,5 %. I v tomto případě je stejně jako u grafu č. 2 statisticky významný rozdíl sledovaných hodnot od 0,5 minuty až do konce měření (5. min.)

Graf č. 4 přehledně znázorňuje křivky jak inspirovaného, tak exspirovaného oxidu uhličitého při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu. Zde se křivky drží téměř v rovnoměrné vzdálenosti od sebe, neboť je vlivem difuze a konvekce exspirovaného a inspirovaného vzduchu zajištěna, i když v omezené míře, jeho výměna. V tomto případě je tedy podle očekávání rozdíl inspirovaného a exspirovaného oxidu uhličitého po celou dobu statisticky signifikantní.

Oproti tomu nám graf č. 5 znázorňuje křivky inspirovaného a exspirovaného oxidu uhličitého při dýchání do uzavřeného objemu. Zde se křivka inspirovaného oxidu uhličitého v čase postupně přibližuje ke křivce exspirovaného CO<sub>2</sub>. Již po 2 minutách se dostává na hodnotu 5,5 % CO<sub>2</sub> oproti 6 % inspirovaného CO<sub>2</sub> a od 3. minuty přestává být

rozdíl mezi sledovanými hodnotami statisticky významný. V 5. minutě se křivky téměř spojí na hodnotě 7,5 %. Což je zapříčiněno tím, že exspirovaný oxid uhličitý nemá kam difundovat a jejich hodnoty se tudíž srovnávají.

Graf č. 6 nám udává rozdíly mezi inspirovaným kyslíkem ve vzduchové kapse ve sněhu a uzavřeném objemu. Zatímco křivka průměrných hodnot inspirovaného  $O_2$  ve vzduchové kapse ve sněhu poklesla z původních 21 % na hodnotu 14 %, křivka inspirovaného  $O_2$  v uzavřeném objemu poklesla až pod hodnotu 9 %. Opět je to zapříčiněno tím, že ve sněhu je dostatečné množství vzduchu, které člověk dokáže po určitou dobu „vysávat“ a tím si zabezpečit přísun čerstvého vzduchu (kyslíku), kdežto v uzavřeném objemu dojde po určitém čase ke spotřebování veškerých zásob. V tomto případě byl rozdíl mezi sledovanými hodnotami statisticky signifikantní od 3. minuty až do konce měření (5. min.).

Graf č. 7 vypovídá o exspirovaném kyslíku ve sněhu a uzavřeném objemu. Zde se nám křivky průměrných hodnot třikrát protnuly. Zajímavé je protnutí ve druhé a třetí minutě. Od 3,5. minuty dochází k mírnému rozevírání pomyslných nůžek. Hodnota exspirovaného  $O_2$  ve vzduchové kapse ve sněhu klesla na hodnotu pod 11 % a exspirovaného  $O_2$  v uzavřeném objemu na hodnotu pod 9 %. Rozdíl mezi sledovanými hodnotami byl statisticky významný v 0,5. a 1,5. minutě a na konci měření ve 4,5. a 5. minutě.

Graf č. 8, ve kterém jsou znázorněny křivky inspirovaného a exspirovaného kyslíku ve sněhu plně koresponduje s grafem č. 4. I zde jsou obě křivky přibližně rovnoměrně vzdáleny, což je patrné již od 2. minuty. To je zapříčiněno difusí a konvekcí vzduchu ve sněhu. V 5. minutě se inspirovaný  $O_2$  dostává na hodnotu 14 % a exspirovaný  $O_2$  pod hodnotu 11 %. V tomto případě byl rozdíl mezi sledovanými hodnotami (až na jeden čas měření – 0,5. min.) statisticky signifikantní po celou dobu měření.

Graf č. 9 znázorňuje křivky inspirovaného a exspirovaného kyslíku v uzavřeném objemu. Zde, tak jako v grafu č. 5, dochází ke spojení křivek, a to již ve 3,5. minutě, kdy se hodnoty pohybují okolo 10,5 %. V 5. minutě se dostávají na hodnotu 9 % inspirovaného i exspirovaného  $O_2$ , což je způsobeno spotřebováním kyslíku s nemožností ho difusí nebo konvekcí dostat do uzavřeného neprostupného objemu. Rozdíl mezi sledovanými

hodnotami byl statisticky významný od zahájení dýchání až do 2,5. minuty. Poté se křivky začaly postupně přibližovat a nakonec překrývat.

Graf č. 10 prezentuje křivky minutové ventilace při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu i uzavřeného objemu. Zde docházelo k rychlejšímu nárůstu při dýchání do sněhu, což bylo způsobeno relativně malou vzduchovou kapsou o objemu 400 ml, a tak i pocitem nedostatečné možnosti se nadechnout. Tím, jak se postupem času spotřebovával kyslík v uzavřeném objemu, bez možnosti jeho doplnění, se křivka začínala zvedat výrazněji, zatímco křivka znázorňující dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu se vlivem „prodechnutí“ vzduchové kapsy a následnému zvětšení pracovního prostoru zhruba po 3,5 minutách začala v nárůstu zmírňovat. V 5. minutě se hodnoty průtoku při dýchání do uzavřeného objemu dostaly na  $45 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  a při dýchání do sněhu k  $50 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ . Rozdíl mezi sledovanými hodnotami byl statisticky významný od 2. do 4,5. minuty.

Graf č. 11 ukazuje změny dechových objemů při dýchání do sněhu a do uzavřeného neprodyšného objemu v závislosti na čase. Křivky se několikrát protínají, přestože mají téměř shodný průběh. Rozdíl mezi sledovanými hodnotami byl statisticky signifikantní pouze ve 3. a 4. minutě. Křivka hodnot při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu začíná na 1200 ml, což je více než dvojnásobek fyziologické klidové hodnoty. Opět to připisujeme relativně malé vzduchové kapse (objem 400 ml) a pocitu nedostatečné možnosti se nadechnout. Poté průběh křivky rostl až na hodnotu 2300 ml. Ve 2,5. minutě nastal zlom, kdy křivka začíná zvolna klesat k hodnotě 1500 ml. Tento trend si vysvětlujeme, jednak kompenzačními mechanismy organismu, kdy došlo k určitému ustálení a vyrovnaní se s obtížností dýchání do sněhu, jednak „prodechnutím“ vzduchové kapsy, zvětšením dechového prostoru a následnému zklidnění a snížení dechových objemů. V 5. minutě se hodnota křivky pohybovala okolo 1700 ml. Křivka dýchání do uzavřeného objemu začala na hodnotě okolo 800 ml, postupně rostla k hodnotě 2400 ml, ve 3. min. začala zvolna klesat a v 5. minutě se dostala na hodnotu 1400 ml. Relativně velký uzavřený objem (8 l) zpočátku probandy nijak neomezoval, ale tím, jak se postupně spotřebovával kyslík, velké objemy nádechů již nedokázaly zajistit jeho dostatečný přísun a dýchání probandů se stávalo stále více rychlejší a povrchnější.

Graf č. 12 popisuje dechovou frekvenci při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu i uzavřeného objemu. Křivky se opět několikrát protínají a jejich průběh plně odpovídá

předchozím grafům č. 10 a 11. Ze začátku mají obě křivky mírný pokles ze 14 dechů·min<sup>-1</sup> (křivka dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu) a 16 dechů·min<sup>-1</sup> (křivka dýchání do uzavřeného objemu) na hodnotu 11 dechů·min<sup>-1</sup>. To připisujeme určité počáteční nervozitě probandů a jejich následnému zklidnění. Ale již po minutě a půl, křivka znázorňující dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu, začíná stoupat, zatímco relativně velký uzavřený objem umožní probandům klidné dýchání až do 3. min. Poté i zde křivka strmě stoupá a v 5. min. se obě setkají na hodnotě 36 dechů·min<sup>-1</sup>. Rozdíl mezi sledovanými hodnotami byl statisticky signifikantní od 3. do 4. minuty.

Graf č. 13 znázorňuje křivky saturace krve kyslíkem při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu a dýchání do uzavřeného objemu. Zde je vidět, jak se saturace krve kyslíkem u obou křivek drží po dobu 1 minuty na hodnotě kolem 99 %. Je to z důvodu určitého zpoždění, které nastává při měření sycení krve O<sub>2</sub>. Zatímco analyzátory plynů již signalizují nedostatečné množství O<sub>2</sub>, saturace krve v plicích je ještě v normě, a opačně, při dodání potřebného množství kyslíku saturace ještě nějakou dobu (30 sekund) klesá. Po 1. minutě začíná křivka saturace, znázorňující dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu, klesat rychleji, neboť uzavřený objem měl velikost 8 l a kyslíku v něm bylo pro určitý čas dostatek.

Křivka SpO<sub>2</sub> při dýchání do uzavřeného objemu klesá plynule a pozvolna a v 5 minutě se dostává na 74 % oproti křivce SpO<sub>2</sub> při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu, která se dostává těsně pod hodnotu 65 % (ke křečím a bezvědomí dochází pod hranicí 60 %). Rozdíl mezi sledovanými hodnotami byl statisticky významný od 2 až do 5 minuty. Pokud si však promítneme tendence křivek, pokles u dýchání do uzavřeného objemu by byl postupem času stále více strmější.

Překvapujícím zjištěním u dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu (difusibilní prostředí) ve srovnání s uzavřeným objemem (nedifusibilní prostředí) byla nižší SpO<sub>2</sub> po celou dobu měření (5. minut), přestože chování ostatních respiračních plynů vždy ukazovalo na lepší nález pro vzduchovou kapsu ve sněhu. Možná, že přes veškerou snahu o zajištění nejlepších možných podmínek při měření saturace krve (teplé palčáky a v nich pytlíky s chemickým teplem) docházelo ke zkreslení nálezu vlivem chladu. Průměrné konečné hodnoty SpO<sub>2</sub> při našem experimentu (dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu) klesaly těsně pod 65 %.

Přestože byl náš hlavní zájem zaměřen na chování respiračních plynů, monitorovali jsme kontinuálně i oběhovou reakci probandů.

**Srdeční frekvence** probandů se pohybovala v rozmezí 56 až 127 tepů·min<sup>-1</sup> při dýchání do uzavřeného objemu a 51 až 136 tepů·min<sup>-1</sup> při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu.

**Krevní tlak** se zvýšil maximálně na 187/107 torrů při dýchání do uzavřeného objemu a 188/103 torrů při dýchání do sněhu.

**Hypotéza 1** – *Dýchání ze vzduchové kapsy ve sněhu, na rozdíl od dýchání z uzavřeného objemu, poskytuje kontinuální přísun O<sub>2</sub> a odvod CO<sub>2</sub>* – se nám na základě vyhodnocení grafu č. 2 - 9 a grafu č. 13 potvrdila v plném rozsahu.

**Hypotéza 2** – *Zásadní význam pro výměnu plynů při ventilaci pod sněhovou lavinou má velikost vzduchové kapsy* – nebyla jednoznačně prokázána, ale ani vyvrácena. Zvolili jsme pouze jednu výchozí velikost vzduchové kapsy ve sněhu o objemu 400 ml. Konečný objem „prodechnuté“ a „odtáté“ vzduchové kapsy jsme po ukončení měření v daných experimentálních podmínkách změřit nedokázali (příloha č. 14 a 15).

Nelze jednoznačně tvrdit, že čím menší objem vzduchová kapsa má, tím kratší dobu zasypaná osoba pod lavinou vydrží. I při relativně malém objemu vzduchové kapsy (400 ml) a hustotě sněhu do 405 kg·m<sup>-3</sup> totiž dochází vlivem difuze a konvekce k dostatečné výměně plynů pro dýchání. Na základě grafů č. 10, 11 a 12 lze, ale prokázat, že malá vzduchová kapsa klade zvýšené nároky na dechovou práci zasypané osoby. Nastává dřívější únava a vyčerpání, neboť organismus již není schopen plně pokrýt dechovou práci a po delším časovém úseku přestávají fungovat i kompenzační mechanismy. Hlavním (přímým) limitujícím faktorem tedy zřejmě není velikost vzduchové kapsy, ale zvýšené dechové úsilí, které organismus zatíží natolik, že se postupně začne projevovat hypoxie a narůstá hyperkapnie, což výrazně zkrátí čas přežití pod sněhovou lavinou.

Ze samotného experimentálního měření jsou patrné některé poznatky, které zatím není možné zobecnit. Jedním z nich je i zvolená strategie dýchání. Ta nebyla v průběhu měření jednoznačná ani u jednotlivých probandů, bez ohledu na standardní doporučení, udržet si co nejklidnější a nejpravidelnější dýchání. Následkem silné asfyxie docházelo ke zkoušení různých způsobů ventilace, tedy – ke střídání hlubokého pomalého dýchání s dýcháním rychlým a povrchním.

### 5.3 Srovnání s jinými výzkumy

Stále častěji se ukazuje, že při zasypání osob sněhovou lavinou bývá akumulace CO<sub>2</sub> hlavní příčinou asfyxie. Simulací sněhových podmínek a detailní analýzou difusibility CO<sub>2</sub> se v poslední době zabýval Pekař (2011). Člověka vnímal pouze jako zdroj CO<sub>2</sub>, a proto se nezajímal o žádné patofyziologické změny, vznikající pobytem v lavině. Ve své práci analyzoval především fyzikálně-chemické změny v jeho okolí. Problematiku difusibility respiračních plynů řešil na úrovni matematického modelu. Vycházel ze srovnatelné poréznosti sněhu (46 %) a burizonů (52 %). Z jeho studie ale vyplynuly některé zajímavé inspirace, jako např. využití plynové chromatografie pro přesnější měření koncentračních profilů ve sněhové vrstvě či měrném sloupci, využití průhledných trubek a pH indikátorů k vizualizaci prostupu CO<sub>2</sub> sněhem, měření tlaků vyvolaných dýcháním a měření toku vzduchu mezi kapsou a sněhem. Za finální krok považuje spojení difusního modelu s fyziologickým modelem člověka.

Nedorešenou otázkou zůstává, jak dlouho je člověk schopen ve sněhové lavině zůstat na živu. Jsou známy případy, kdy zasypání byli vyhrabáni živí až po 2 hodinách, přestože měli pouze malou vzduchovou kapsu. Výzkumů, zaměřených na reálné chování respiračních plynů ve sněhu, je ve světové literatuře málo. Jsou k tomu třeba technicky náročné, originálním způsobem vedené experimenty, často v nestandardních a měnících se terénních a klimatických podmínkách, vyžadující velice důkladné zabezpečení jak po stránce technické, tak i zdravotní. Etické problémy jsou spojovány nejen s experimenty prováděných na lidech, ale i na zvířatech, viz kontroverzní výzkumy na prasatech na Univerzitě v Innsbruku (<http://www.avalanche-center.org/News/2010/2010-01-07-Austria.php>).

Závěry dosud provedených studií mohou být ovlivněny řadou spolupůsobících faktorů, jako jsou velikost vytvořené vzduchové kapsy, teplota a hustota sněhu, velikost a stáří sněhových krystalů, klimatické podmínky, nadmořská výška, individuální snášenlivost hypoxie, respirační acidózy a další zatím neznámé faktory. Některé studie je však přece jen možné s naším výzkumem porovnat.

Brugger et al. (2003) se zajímali o vztahy vybraných respiračních parametrů k různým velikostem vzduchové kapsy. Nechali dobrovolníky dýchat do dvou



vzduchových kapes, uměle vytvořených ve sněhu. Jejich objem činil 1 a 2 l. Průměrné hodnoty saturace kyslíku v krvi klesly po 4 minutách z 99 % na 88 % (s rozmezím 71 – 94 %), přičemž podle očekávání byla zaznamenána větší redukce v sycení kyslíkem u menší velikosti kapsy a korelovala s hustotou sněhu. U 17 osob (tj. u 61 %) klesla  $\text{SpO}_2$  pod 75 %, což byla indikace k přerušení testu. Parciální tlak  $\text{CO}_2$  ve vydechovaném vzduchu přitom vystoupal z 5,07 na 6,8 kPa. 21 % probandů ukončilo experiment ze subjektivních důvodů (pro výrazné potíže jako jsou dušení, mráкотné stavy, panika apod.). Nicméně 18 % dobrovolníků (5 osob) ukončilo experiment bez problémů, a to až po 30 minutách. Podobná zkušenost, tzn. značné interindividuální rozdíly, byly pozorovány i v našem experimentu. Zajímavý náleZ, vznik ustáleného stavu mezi hypoxií a hyperkapnií, trvající po dobu 20 minut, byl vysledován u 11 z 28 případů (Brugger et Falk, 2003). Vznik tohoto stavu byl vysvětlován spoluúčastí konvekce, specifické krusty a snížení produkce  $\text{CO}_2$  (Pekař, 2011).

Velikost kapsy a denzita sněhu ovlivňovaly jak hodnoty saturace krve kyslíkem, tak i koncentraci  $\text{CO}_2$  ve vdechovaném vzduchu, a tím i čas pro přerušení experimentu. Podle Bruggera je stupeň asfyxie závislý nejen na velikosti kapsy a denzitě sněhu, ale také na neznámých individuálních charakteristikách, kterým přiřítá až 22 % podílu ze všech spolupůsobících faktorů. Příčinou může být jak zvýšená psychická odolnost, různá senzitivita na hypoxii a hyperkapnii, tak i zatím neznámé faktory. Svoji roli může ale sehrát i „natátí“ a „prodechnutí“ vzduchové kapsy, s následným zvětšením objemu, který je obtížně stanovitelný. Tyto uvedené výsledky jsou srovnatelné i s naším experimentem, i když zvolená vzduchová kapsa ve sněhu byla v naší studii podstatně menší.

K podobným výsledkům dospěli i Radwin et al. (2001). Společně sledovali ventilačně-respirační změny v simulovaných podmínkách sněhové laviny. Cílem jejich studie bylo prokázání přínosného efektu Avalungu, schopného odvádět  $\text{CO}_2$ . Při jeho použití vydrželi probandi dýchat ve sněhovém závalu až 90 min. (od 73 do 93 min.), s fyziologicky nevýznamnými odchylkami od normy.

Výsledky jejich měření u kontrolní skupiny, dýchající pouze do malého difuzibilního prostoru ve sněhu (s objemem 0,5 l), jsou srovnatelné s naším experimentem. V průběhu jejich měření, v době mezi 4. až 19. minutou, došlo ke kompenzační hyperventilaci. Průměrná DF probandů vystoupila na 36 dechů·min<sup>-1</sup> (s rozptylem hodnot od 13 do 61 dechů·min<sup>-1</sup>), saturace krve kyslíkem klesala z 94,8 % na 83 % (s rozmezím 76 – 93 %), přičemž hodnota inspirovaného  $\text{pCO}_2$  se zvyšovala

z průměrných hodnot 3 na 44 mmHg (0,5 – 7,6 %) a exspirovaného CO<sub>2</sub> z 36 na 59 mmHg (6,2 – 10,2%). Probandi v naší studii se u dechové frekvence při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu dostali na velice podobné hodnoty cca 37 dechů·min<sup>-1</sup> se směrodatnou odchylkou 16,6. Průměrná minutová ventilace se zvýšila z výchozích 13 na 50 l. Saturace krve kyslíkem však u nich klesala rychleji. Po 5 minutách dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu poklesla z 99 % až na hodnotu 64 % se směrodatnou odchylkou 17,2. Průměrná hodnota inspirovaného pCO<sub>2</sub> se přitom zvýšila na 3,9 % a exspirovaného CO<sub>2</sub> na 6,3 %. Je však potřeba zmínit, že pro všechny tyto výsledky byly typické relativně velké rozptyly naměřených hodnot.

Grissom et al. (2004) po 5 – 14 minutách dýchání do 0,5 l vzduchové kapsy ve sněhu zjistili koncentraci 7,7 – 8,7 % CO<sub>2</sub> v inspirovaném vzduchu. Autoři srovnávali dvě experimentální situace. Jednak osoby vybavené Avalungem (zařízení k odvodu exspirovaného vzduchu s vyšším obsahem CO<sub>2</sub>) a dále osoby, které tímto zařízením vybaveny nebyly. Srovnáním tělesných teplot u testu s Avalungem (při zachování normokapnie) a testu bez něho (s vývojem hyperkapnie), prokázali skutečnost, že hyperkapnie je spolufaktorem přispívajícím ke vzniku či prohloubení hypotermie.

Hlavním a přímým limitujícím faktorem pro přežití člověka v lavině, dle našeho současného názoru, není jen velikost vzduchové kapsy ve sněhu, ale především zvýšené dechové úsilí, které je schopno organismus zatížit natolik, že se postupně začne projevovat hypoxie a hyperkapnie, což výrazně zkrátí čas jeho přežití.

Z naší studie a připojené literární rešerše vyplývá, že problematice hyperkapnie a difuze plynů ve sněhové lavině bude ještě potřeba věnovat značné množství času a úsilí. V budoucnu by však tyto poznatky mohly přispět k jednoznačným doporučením a postupům pro chování člověka po pádu laviny a jeho následnému zasypaní sněhovou masou.

## 6 Závěr

Cílem této disertační práce bylo především získání co největšího množství informací o problematice zasypání člověka sněhovou lavinou. Experiment byl zaměřen na získání dat, týkajících se chování ventilačně – respiračních parametrů při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu. Difusibilita  $\text{CO}_2$  ve sněhu byla prokázána srovnáním s dalším experimentálním měřením, dýcháním do neprodyšného uzavřeného objemu. Zjištěné výsledky byly následně konfrontovány s několika studiemi obdobného typu.

Celý projekt byl realizován a pojat jako pilotní studie, s předpokladem návaznosti na vyzkoušenou metodiku a zjištěná fakta. Další výzkum by se měl zabývat sledováním změn ventilačně-respiračních parametrů, fyziologických procesů i kompenzačních mechanismů lidského organismu zasypaného v simulované sněhové lavině s ohledem na různé velikosti vzduchových kapes ve sněhu (rozdílné množství využitelného vzduchu). V současné době se tímto projektem, v rámci svého doktorského studia, zabývá mj. Mgr. Karel Sýkora z VO FTVS UK.

Druhotným cílem bylo získání informací a nových poznatků, které se týkají této problematiky pro zapracování a použití v doposud chybějícím předpisu AČR „Přesuny na sněhu a ledu“, který je v současné době připravován příslušníky Vojenského oboru FTVS UK Praha. Ten by se měl danou tématikou zabývat a získané informace následně aplikovat v praxi při konkrétním výcviku (např. při simulaci zasypání osob sněhovou lavinou, následné činnosti po ní, nebo nácviku vyproštění a záchrany postižených osob). Pevně věříme, že tento výzkum přispěje nejen ke zkvalitnění výcviku samotných přesunů na sněhu a ledu, ale také k vytvoření nového předpisu, v co možná nejkratším časovém horizontu.

Pro vlastní praxi jsou velmi přínosná veškerá naměřená data, získané poznatky a metodické zkušenosti, získané v průběhu experimentu. Význam této disertační práce spatřujeme především v šíři jejího záběru a v množství informací, které se nám podařilo shromáždit. Tyto znalosti mohou mít přínos a být vhodnými informacemi nejen pro lékaře, ale také pro osoby, které se pohybují ve vysokých horách, v oblastech s možným výskytem pádu lavin (horští vůdci, příslušníci horských služeb, členové záchranných týmů atd.), ale i ostatní, kteří se touto problematikou zabývají.

## 7 Použité symboly a zkratky

$\bar{x}$  – průměr

° – stupeň (sklon svahu)

°C – stupeň Celsia (jednotka teploty)

1.LF UK – 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy

24.zDL – 24. základna dopravního letectva

AČR – Armáda české republiky

apod. – a podobně

atd. – a tak dále

AVD – avalanche victim detektor (lavinový vyhledávač osob)

cca – circa (latinsky přibližně)

cm – centimetr (jednotka délky)

cm<sup>3</sup> – centimetr krychlový (jednotka objemu)

CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý

č. – číslo

ČAHV – Česká asociace horských vůdců

ČHS – Český horolezecký svaz

ČVUT – České vysoké učení technické

DAV – Deutscher Alpenverein (Německý alpský svaz)

DF – dechová frekvence

EKG – Elektrokardiogram

et al. – et alii (a další)

EtCO<sub>2</sub> – end title carbon dioxide (vydechovaný oxid uhličitý)

EtO<sub>2</sub> – end title oxygen (vydechovaný kyslík)

FBMI – Fakulta biomedicínského inženýrství

FEL – Fakulta elektrotechnická

FEV<sub>1</sub> – forced expiratory volume in one second (usilovný expirační objem za 1 sekundu)

FiCO<sub>2</sub> – fractional inspiratory carbon dioxide (vdechovaný oxid uhličitý)

FiO<sub>2</sub> – fractional inspiratory oxygen (vdechovaný kyslík)

FTVS – Fakulta tělesné výchovy a sportu

FVC – forced vital capacity (usilovná vitální kapacita)

g – gram (jednotka hmotnosti)

GNU – General Public License

hPa – hektopascal (jednotka tlaku)

HS – Horská služba

Hz – hertz (jednotka frekvence)

IBP – International Biological Program (Mezinárodní biologický program)

ICAR – International Commission for Alpine Rescue (Mezinárodní komise pro alpskou záchranu)

kg – kilogram (jednotka hmotnosti)

$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  – kilogram na metr krychlový (jednotka hustoty)

kHz – kilohertz (jednotka frekvence)

km – kilometr (jednotka délky)

km/h – kilometr za hodinu (jednotka rychlosti)

kol. – kolektiv

kPa – kilopascal (jednotka tlaku)

KRNAP – Krkonošský národní park

l – litr (jednotka objemu)

$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$  – litr za minutu (jednotka průtoku)

LRD – Land Rover Defender

m – metr (jednotka délky)

m. n. m. – metry nad mořem

$\text{m}^3$  – metr krychlový (jednotka objemu)

max. – maximálně

min. – minimálně, minuta

ml – mililitr (jednotka objemu)

mmHg – milimetr rtuťového sloupce (jednotka tlaku)

MSM – Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT)

MV – minutová ventilace

N – netrénovaný jedinec

n. vagus – Nervus vagus (Bloudivý nerv)

$\text{N}_2$  – dusík

např. – například

$\text{O}_2$  – kyslík

obr. – obrázek

Odd BioStat – Oddělení biomedicínské statistiky

OeAV – Österreichischer Alpenverein (Rakouský alpský svaz)

Pa – pascal (jednotka tlaku)  
pCO<sub>2</sub> – parciální tlak kysličníku uhličitého  
pH – míra kyselosti nebo zásaditosti krve  
pN<sub>2</sub> – parciální tlak dusíku  
pO<sub>2</sub> – parciální tlak kyslíku  
popř. – popřípadě  
resp. – respektive  
RF – redukční faktor  
s – sekunda (jednotka času)  
SAC – Schweizer Alpen Club (Švýcarský alpský klub)  
sd – standard deviation (směrodatná odchylka)  
SHM – Společnost horské medicíny  
SpO<sub>2</sub> – saturation of peripheral oxygen (saturace krve kyslíkem)  
SV – severovýchod  
SZ – severozápad  
tab. – tabulka  
tj. – to je  
tzn. – to znamená  
tzv. – tak zvaně  
ÚBI – Ústav biofyziky a informatiky  
UK – Univerzita Karlova  
ÚLZ – Ústav leteckého zdravotnictví  
ÚVN – Ústřední vojenská nemocnice  
VC – vitální kapacita  
VFN – Všeobecná fakultní nemocnice  
VJV – východo-jihovýchod  
VO FTVS UK – Vojenský obor při Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy  
V<sub>T</sub> – dechový objem  
VT – vytrvalostně trénovaný jedinec  
W – watt (jednotka výkonu)  
ZSZ – západ-severozápad

## 8 Seznam tabulek, obrázků a grafů

### 8.1 Seznam tabulek

Tabulka 1 Kritéria redukční metody (Kořízek, 2006) .....	12
Tabulka 2 Strategie 3x3 Wenera Müntera (Münter, 2002) .....	18
Tabulka 3 Rozdělení lavin podle velikosti (Quervain, 1966) .....	23
Tabulka 4 Ventilační ukazatelé trénovaného a netrénovaného jedince (Bartůňková, 2006) .....	34
Tabulka 5 Zastoupení dýchacích plynů v klidových podmínkách v různých dechových a oběhových oddílech (Trojan a kol., 2003) .....	36
Tabulka 6 Antropometrická a funkční charakteristika souboru .....	53
Tabulka 7 Naměřené průměrné hodnoty sledovaných ventilačně – respiračních parametrů .....	55

### 8.2 Seznam obrázků

Obrázek 1 Česká verze karty Stop or Go vydána HS a ČAHV ( <a href="http://www.lezec.cz/clanky.php?xtem=&amp;key=2929">http://www.lezec.cz/clanky.php?xtem=&amp;key=2929</a> ) .....	14
Obrázek 2 Přední strana karty se 3 otázkami a měřítky pro určování sklonu svahu ( <a href="http://www.libreriauniversitaria.it/snow-card-lawinen-risiko-check/buch/9783763360307">http://www.libreriauniversitaria.it/snow-card-lawinen-risiko-check/buch/9783763360307</a> ) .....	15
Obrázek 3 Zadní strana karty se sklonoměrem a dvěma barevnými grafy ( <a href="http://www.libreriauniversitaria.it/snow-card-lawinen-risiko-check/buch/9783763360307">http://www.libreriauniversitaria.it/snow-card-lawinen-risiko-check/buch/9783763360307</a> ) .....	15
Obrázek 4 Česká verze karty „Nivo test“ ( <a href="http://www.lezec.cz/clanky.php?xtem=&amp;key=2929">http://www.lezec.cz/clanky.php?xtem=&amp;key=2929</a> ) .....	16
Obrázek 5 Lyžař, kterému se po projetí napříč svahem podařilo uniknout lavině (Mašek, 2007) .....	26
Obrázek 6 Schéma jak vyhledat zasypaného v případě, že jsme zachytili jeho radiový signál (Winter, 2002) .....	28
Obrázek 7 Přehled faktorů ovlivňujících ventilaci (McArdle et al., 2007) .....	37

### 8.3 Seznam grafů

Graf 1 Pravděpodobnost přežití v postupujícím čase (převzato od: Falk et al., 1994) .....	31
---	----

Graf 2 $\text{FiCO}_2$ ve sněhu a uzavřeném objemu.....	56
Graf 3 $\text{EtCO}_2$ ve sněhu a uzavřeném objemu.....	56
Graf 4 $\text{FiCO}_2$ a $\text{EtCO}_2$ ve sněhu .....	57
Graf 5 $\text{FiCO}_2$ a $\text{EtCO}_2$ v uzavřeném objemu .....	57
Graf 6 $\text{FiO}_2$ ve sněhu a uzavřeném objemu .....	58
Graf 7 $\text{EtO}_2$ ve sněhu a uzavřeném objemu .....	58
Graf 8 $\text{FiO}_2$ a $\text{EtO}_2$ ve sněhu.....	59
Graf 9 $\text{FiO}_2$ a $\text{EtO}_2$ v uzavřeném objemu .....	59
Graf 10 Minutová ventilace ve sněhu a uzavřeném objemu.....	60
Graf 11 Dechové objemy ve sněhu a uzavřeném objemu .....	60
Graf 12 Dechová frekvence ve sněhu a uzavřeném objemu.....	61
Graf 13 $\text{SpO}_2$ ve sněhu a uzavřeném objemu.....	61



## 9 Seznam použitých zdrojů

- 1) ATKINS, D. *Avalanche Statistics*. Colorado Avalanche Information Center, 2005. [online]. Available from www: <<http://www.geosurvey.state.co.us/avalanche/>>
- 2) BARTUŇKOVÁ, S. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení*. Praha: Karolinum, 2006. 285 s. ISBN80-246-1171-6.
- 3) BOLDIŠ, P. *Bibliografické citace dokumentů podle ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690 – 2 (01 0197): Část 1 – Citace: metodika a obecná pravidla*. Verze 3.3. © 1999–2004, Poslední aktualizace 11.11. 2004 dostupná z URL:  
<<http://www.boldis.cz/citace/citace1.ps>>.  
<<http://www.boldis.cz/citace/citace1.pdf>>.
- 4) BOLOGNESI, R. Understand and Reduce the Risks from Avalanches [With Nivo Test Observation Card], *Avalanche*, 2007. ISBN-13: 9781852844738
- 5) BRUGGER, H., DURRER, B., ADLER-KASTNER, L. et al. Field management of avalanche victims, *Resuscitation*, 2001, 51: 7-15.
- 6) BRUGGER, H., FALK, M. Analysis of avalanche safety equipment for backcountry skiers, (English translation from the Canadian Avalanche Association). In: *Jahrbuch 2002: Austrian Society for Mountain Medicine (Österreichische Gesellschaft für Alpinund Hohenmedizin)*, 2003.
- 7) BRUGGER, H., SUMANN, G., MEISTER, R. et al. Hypoxia and hypercapnia during respiration into an artificial air pocket in snow: implications for avalanche survival, *Resuscitation*, 2003, 58: 81-88.
- 8) BULIČKA, M. a kol. *Základy skialpinismu, Bezpečně v přírodě a horách*. *InfoHudy*, 2006.
- 9) CINGLOVÁ, L. *Vybrané kapitoly z tělovýchovného lékařství*. Praha: Karolinum, 2002. 199 s.

- 10) DINGMAN, S. L. *Physical Hydrology*. (Second edition.) Prentice Hall:, 2002. 646 p.
- 11) FALK, M., BRUGGER, H., ADLER-KASTNER, L. Avalanche survival chances, *Nature*, 1994. 368. (6466), 21.
- 12) FRANK, T., KUBLÁK, T. a kol. *Horolezecká abeceda*. Praha: Epocha s.r.o., 2009.
- 13) GANONG, W. *Review of Medical Physiology*. 22.th ed. USA: McGra-Hill Company, 2005. 823 p. ISBN 0-07-144040-2
- 14) GRISSOM, C. K., McALPINE, J. C., HARMSTON, C. H. et al. Hypothermia during simulated avalanche burial and after extrication (abstract). *Wilderness Environ Med*, 2004, 15: 59.
- 15) GRISSOM, C. K., RADWIN, M. I., HARMSTON, C. H. et al. Respiration during snow burial using an artificial air pocket. *JAMA*, 2000, 283: 2261-2271.
- 16) GRISSOM, C. K., RADWIN, M. I., SCHOLAND, M. B. et al. Hypercapnia increases core temperature cooling rate during snow burial. *J Appl Physiol*, 2004, 96: 1365-1370.
- 17) HARVEY, S., SIGNORELL, C. Avalanche accidents in back country terrain of the Swiss alps: New investigations of a 30 year database. *In International Snow Science Workshop*. Penticton, B.C., 2002.
- 18) HELLER, J. VODIČKA, P. *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. Praha: Karolinum, 2011. 115 s. ISBN 978-80-246-7
- 19) HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat*. Praha:Portal, s.r.o., 2004. ISBN 80-7178-820-1
- 20) HENDL, J. *Úvod do kvalitativního výzkumu*. Praha:Karolinum, 1990. ISBN 80-246-0030-7

- 21) HOUDEK, I., VRBA, M. *Zimní nebezpečí v horách*. Praha: 1953. ISBN 301 11 2-17326/4/53/S VI-1
- 22) KERN, M., TSCHIRKY, F., SSHWEITZER, J. Feldversuche zur Wirksamkeit einiger neuer Lawinen-Rettungsgeräte. pp.127-145 in: H. Brugger, G. Sumann, W. Schobersberger und G. Flora (Hrsg), *Jahrbuch 2001 der Österreichischen Gesellschaft für Alpin-und Hoehenmedizin, OeGAHM*, Innsbruck:, 2001.
- 23) KOHLÍKOVÁ, E. *Vybraná témata praktických cvičení z fyziologie člověka*. Praha: Karolinum, 2012. s.83 ISBN 80-246-0073-0
- 24) KOŘÍZEK, V. *Laviny – Prevence Díl I*. 2. vydání., 2006.
- 25) KUKAL, Z. *Přírodní katastrofy*. 1. vydání. Praha: Horizont, 1983. 252 s.
- 26) LARCHER, M. Stop or Go: Aktueller Stand und Aussicht. *Berg&Steigen*, 2001, 01/4, s. 42-45
- 27) LARCHER, M. Stop or Go: Entscheidungsstrategie für Tourengeher. *Berg&Steigen*, 1999, 99/4, s. 18-23
- 28) LARCHER, M. Stop or Go Vol. 2: Entscheiden und Handeln abseits gesicherten Pisten. *Berg&Steigen*, 2000, 00/4, s. 36-40
- 29) MAENO, N., NARUSE, R., NISHIMURA, K. Physical characteristics of snow-avalanche debris. In *Avalanche Formation, Movement and Effects*. Swiss, Davos: IAHS Publ., 1986. p. 421–427
- 30) MAŠEK, M. Hyperkapnie a difuze plynů pod sněhovou lavinou. *Scientia Movens, Sborník příspěvků z mezinárodní studentské vědecké konference Praha, 27. března 2012*. s. 394-401

- 31) MAŠEK, M. *Komparace způsobů provádění přesunů v zimních podmínkách ve vybraných armádách NATO a armádách s nimi spolupracujících*. Diplomová práce, vedoucí Mgr. Sýkora K., Praha: UK FTVS, 2006.
- 32) MAŠEK, M. *Komparace způsobů provádění přesunů v zimních podmínkách ve vybraných armádách NATO a armádách s nimi spolupracujících*. Rigorózní práce, Praha: UK FTVS, 2007.
- 33) MAŠEK, M., SIEGER, L. Přežití pod sněhovou lavinou. *Česká Kinantropologie*, 2011. Vol. 15, č. 2, s. 33-48
- 34) McARDLE, W. D., KATCH, F. I., KATCH, V. L. *Exercise Physiology. Energy, Nutrition, and Human Performance*. 6<sup>th</sup> Edition. Lippincott Williams & Wilkins, 2007. 1068 s. ISBN: 0781749905.
- 35) McLUNG, D., SHAERER, P. *The Avalanche Handbook*. The Mountaineers, 2006. ISBN 978-0-89886-809-8
- 36) MÜNTER, W. *Drei mal drei (3x3) Lawinen. Risikomanagement im Wintersport*. Bergverlag Rother, 2002. ISBN 3-7633-2060-1
- 37) MÜNTER, W. *Lawinen*. Bergverlag Rother, 2003. ISBN: 978-3-00-010520-3
- 38) PEKAŘ, M. *Model difuze CO<sub>2</sub> v lavině*. Diplomová práce, vedoucí Ing. Sieger L., CSc., Praha: ČVÚT, 2011.
- 39) POHL, W., SCHELLHAMMER, CH. *Základy skialpinismu*. Přel. R. Kujan. Vsetín: Altimax, 2005. 100 s. Přel. z anglického orig. Skialpinismus and Skitouring. ISBN 80-86743-09-8
- 40) QUERVAIN, M. R. On Avalanche Classification, a Further Contribution. IUGG, *Intern. Assoc. Sci. Hydrol.*, Publ., 1966. vol. 69, p. 410–417.

- 41) QUERVAIN, M. R. *Scientific Aspects of Snow and Ice Avalanches*. Problems of avalanche research, in Symposium at Davos, 1965. IAHS, 1 – 8.
  
- 42) RADWIN, M. et al. Aufrechterhaltung der Oxygenierung und Ventilation während einer experimentellen Schneeingrabung durch Ableitung des ausgeatmeten Kohlendioxid, *Wilderness Environ Med*, 2000.
  
- 43) RADWIN, M. I., GRISSOM, C. K. Technological advances in avalanche survival, *Wilderness Environ Med*, 2002, 13: 143-152.
  
- 44) RADWIN, M. I., GRISSOM, C. K., SCHOLAND, M. B. et al. Normal oxygenation and ventilation during snow burial by the exclusion of exhaled carbon dioxide, *Wilderness Environ Med*, 2001, 12: 256-262.
  
- 45) SELIGER, V., BARTŮŇEK, Z. *Mean values of various indices of physical fitness in the investigation of Czechoslovak population aged 12-55 years*. Czech Union for Physical Culture, Prague, 1976
  
- 46) SCHWEIZER, J. et al. *Caution - Avalanches!*. 5.th ed. Swiss, Davos, 2005. [online]. Available from [http://www.preventionweb.net/files/2620\\_CautionAvalanches.pdf](http://www.preventionweb.net/files/2620_CautionAvalanches.pdf)
  
- 47) SUMANN, G. Praeklinische Triage und Therapie von Lawinenverschütteten, *Intensivmed*, 2002. vol. 39, p. 315–320
  
- 48) TROJAN, S. a kol. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2003. 772 s. ISBN 80-247-0512-5.
  
- 49) VOKURKA, M., HUGO, J. a kol. *Velký lékařský slovník.*, 8. vyd. Praha: Maxdorf s.r.o., 2008. ISBN 978-80-7345-166-0
  
- 50) WINTER, S. *Skialpinismus*. České Budějovice: Kopp, 2002. ISBN 80-7232-187 -0

- 51) [http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/1080-6032/PIIS1080603208701418.pdf?refuid=S1080-6032\(09\)70096-1&refissn=1080-6032&mis=pdf](http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/1080-6032/PIIS1080603208701418.pdf?refuid=S1080-6032(09)70096-1&refissn=1080-6032&mis=pdf) [on line, 18. března 2013]
- 52) [http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/1080-6032/PIIS1080603299708616.pdf?refuid=S1080-6032\(01\)70752-1&refissn=1080-6032&mis=.pdf](http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/1080-6032/PIIS1080603299708616.pdf?refuid=S1080-6032(01)70752-1&refissn=1080-6032&mis=.pdf) [on line, 5. listopadu 2012]
- 53) <http://www.aeroweb.cz> [on line, 2. srpna 2013]
- 54) <http://www.avalanche-center.org/News/2010/2010-01-07-Austria.php> [on line, 12. října 2012]
- 55) <http://www.cmaj.ca/cgi/content/full/180/5/507> [on line, 7. května 2013]
- 56) <http://www.fsavalanche.org/Default.aspx?ContentId=43&LinkId=39&ParentLinkId=8> [on line, 28. ledna 2013]
- 57) <http://www.horosvaz.cz/index.php?cmd=page&id=66> [on line, 4. dubna 2013]
- 58) <http://www.horosvaz.cz/index.php?cmd=page&id=74> [on line, 4. dubna 2013]
- 59) <http://www.horska-medicina.cz/> [on line, 4. dubna 2013]
- 60) <http://www.ikar-cisa.org/eXtraEngine3/WebObjects/eXtraEngine3.woa/wa/mandant?nickName=ikar&lang=en> [on line, 2. září 2012]
- 61) <http://www.ikar-cisa.org/eXtraEngine3/WebObjects/eXtraEngine3.woa/wa/menu?id=289&lang=en> [on line, 2. září 2012]
- 62) <http://www.ikar-cisa.org/ikar-cisa/documents/2010/ikar20100302000531.pdf> [on line, 12. října 2012]

- 63) <http://www.laviny.cz/main/?loc=informace&clanek=28&hlas=4> [on line, 2. července 2013]
- 64) <http://www.lezec.cz/clanky.php?xtem=&key=2929> [on line, 12. července 2012]
- 65) <http://www.libreriauniversitaria.it/snow-card-lawinen-risiko-check/buch/9783763360307> [on line, 17. listopadu 2012]
- 66) <http://www.pips.cz/pieps/technologiephp> [on line, 14. prosince 2012]
- 67) [http://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(01\)00383-5/fulltext?refuid=S1080-6032\(09\)70096-1&refissn=1080-6032](http://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(01)00383-5/fulltext?refuid=S1080-6032(09)70096-1&refissn=1080-6032) [on line, 22. března 2013]
- 68) [http://www.slf.ch/praevention/lawinenunfaelle/unfallstatistik/index\\_EN?redir=1](http://www.slf.ch/praevention/lawinenunfaelle/unfallstatistik/index_EN?redir=1) [on line, 12. července 2012]
- 69) [http://www.wemjournal.org/article/S1080-6032\(01\)70752-1/fulltext?refuid=S1080-6032\(07\)70258-2&refissn=1080-6032](http://www.wemjournal.org/article/S1080-6032(01)70752-1/fulltext?refuid=S1080-6032(07)70258-2&refissn=1080-6032) [on line, 11. dubna 2013]
- 70) [http://www.wemjournal.org/article/S1080-6032\(02\)70613-3/fulltext](http://www.wemjournal.org/article/S1080-6032(02)70613-3/fulltext) [on line, 18. ledna 2013]
- 71) [http://www.wemjournal.org/article/S1080-6032\(07\)70258-2/fulltext?refuid=S1080-6032\(09\)70096-1&refissn=1080-6032](http://www.wemjournal.org/article/S1080-6032(07)70258-2/fulltext?refuid=S1080-6032(09)70096-1&refissn=1080-6032) [on line, 9. června 2013]
- 72) [http://www.wemjournal.org/medline/record/ivp\\_00225282\\_29\\_1705](http://www.wemjournal.org/medline/record/ivp_00225282_29_1705) [on line, 21. dubna 2013]
- 73) [http://www.wemjournal.org/medline/record/ivp\\_01747398\\_414\\_415](http://www.wemjournal.org/medline/record/ivp_01747398_414_415) [on line, 3. září 2012]

## 10 Přílohy

### 10.1 Seznam příloh

Příloha 1 Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS .....	88
Příloha 2 Informovaný souhlas probanda .....	89
Příloha 3 Výběr publikací o úmrtí v lavínách a jejich příčinách .....	90
Příloha 4 Pacientský monitor DATEX Ohmeda .....	93
Příloha 5 Zdravotní vozidlo LRD 130 Z (sanitka) s vyškoleným zdravotníkem.....	93
Příloha 6 Dýchání do uzavřeného objemu .....	94
Příloha 7 Deska jenž utěsnila vzduchovou kapsu ve sněhu.....	94
Příloha 8 Dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu.....	95
Příloha 9 Poloha probanda při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu .....	95
Příloha 10 Detail náústku.....	96
Příloha 11 Detail dýchací soustavy a jednosměrných ventilů .....	96
Příloha 12 Průběžné sledování srdeční činnosti pomocí 3 svodového EKG.....	97
Příloha 13 Detail snímání SpO <sub>2</sub> (saturace krve) .....	97
Příloha 14 Měření velikosti vzduchové kapsy po ukončení dýchání do sněhu .....	98
Příloha 15 Detail velikosti vzduchové kapsy po ukončení dýchání do sněhu .....	98
Příloha 16 Tabulka s daty pro graf č. 2.....	99
Příloha 17 Tabulka s daty pro graf č. 3.....	100
Příloha 18 Tabulka s daty pro graf č. 4.....	101
Příloha 19 Tabulka s daty pro graf č. 5.....	102
Příloha 20 Tabulka s daty pro graf č. 6.....	103
Příloha 21 Tabulka s daty pro graf č. 7.....	104
Příloha 22 Tabulka s daty pro graf č. 8.....	105
Příloha 23 Tabulka s daty pro graf č. 9.....	106
Příloha 24 Tabulka s daty pro graf č. 10.....	107
Příloha 25 Tabulka s daty pro graf č. 11 .....	108
Příloha 26 Tabulka s daty pro graf č. 12.....	109
Příloha 27 Tabulka s daty pro graf č. 13.....	110



## 10.2 Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

### Příloha 1 Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS



UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6 – Veveřslavín  
tel. (02) 2017 1111  
<http://www.ftvs.cuni.cz/>

#### Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, doktorské, diplomové (bakalářské) práce, zahrnující lidské účastníky

**Název:** Změny funkčních parametrů u jedinců v krizové situaci. (Hyperkapnie a difuze plynů pod sněhovou lavinou)

**Forma práce:** doktorská

**Autor/ hlavní řešitel/** PhDr. Mgr. Michal Mašek

**Konzultant** Ing. Ladislav Sieger, CSc.

**Školitel** doc. MUDr. Staša Bartůňková, CSc.

##### Popis projektu

Cílem výzkumu je sledování změn ventilačně-respiračních parametrů v simulované sněhové lavině (vzduchové kapse) a následné použití naměřených dat pro tvorbu matematicko-fyzikálního modelu chování organismu v lavině při narůstající hyperkapnii.

Probandi: studenti z FTVS VO, vojáci z povolání (létající personál a instruktory přesunů na sněhu a ledu), ostatní dobrovolníci. Místo: Krkonoše, Špindlerův Mlýn, termín: 4.3. - 9.3. 2012.

**Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:** Mezi před-testy bude patřit statická apnoe, spirometrie a dýchání do uzavřeného prostoru, (vytipování zvýšené senzitivity na hypoxii a hyperkapnii). Experiment bude realizován s pomocí patientského monitoru DATEX Ohmeda, který průběžně monitoruje křivku EKG, srdeční frekvenci, krevní tlak, SpO<sub>2</sub> a veškeré dechové parametry (EtCO<sub>2</sub>, FiCO<sub>2</sub>, EtO<sub>2</sub>, FiO<sub>2</sub>, dechovou frekvenci, dechové objemy, minutovou ventilaci, odpor při výdechu). Dále bude snímána i orientační tělesná teplota probanda, nicméně vzhledem k době trvání se nepředpokládá podchlazení organismu. S probandem bude probíhat neustálá komunikace (musí aktivně reagovat zvednutím ruky, nohy, řešit jednoduché matematické úkoly-ukázat počet prstů, atd.) pro kontrolu mozkové činnosti. Měření bude ukončeno v okamžiku, pokud: a) proband požádá o ukončení, b) nebude reagovat správným způsobem c) některé z měřených parametrů dosáhnou kritických hodnot. K bezpečnostním opatřením patří: přítomnost lékaře a příslušníků Horské služby. K dispozici bude i vozidlo LRD 130 Z (sanita) vybavená pro první pomoc s vyškoleným zdravotníkem.

Projekt byl diskutován se specialisty a zástupci Lékařské komise Českého horolezeckého svazu a Společnosti horské medicíny.

**Etické aspekty výzkumu:** Účast ve studii je dobrovolná. Výsledky ani osobní data nebudou zneužity.

**Informovaný souhlas** (příložen).

V Praze dne... 13.2. 2012

Podpis autora

#### Vyjádření etické komise UK FTVS

**Složení komise:** doc. MUDr. Staša Bartůňková, CSc.

Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.

Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 077/2012

dne: 17.2.2012

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění biomedicínského výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

UNIVERZITA KARLOVA v Praze  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

podpis předsedy a členů EK

## 10.3 Informovaný souhlas probanda

### Příloha 2 Informovaný souhlas probanda

#### Informovaný souhlas

Vážený pane,

nabízíme Vám účast ve výzkumné studii, prováděné v rámci výzkumného záměru MSM 00216 208 64 „Hyperkapnie a difuze plynů ve sněhové lavině (Změny funkčních parametrů jedinců v krizové situaci)“

**Cíl:** Zjistit jak dlouho budete schopni dýchat do sněhové kapsy o objemu 400 ml, pokud bude dýchání omezeno nárůstem  $\text{EtCO}_2$ . Měření má simulovat dobu přežití po zasypání lavinou, vychází se z faktu, že ve sněhu je 20 – 80 % vzduchu. Limitujícím faktorem je nárůst koncentrace  $\text{CO}_2$ , který se při výdechu hromadí ve vzduchové kapse zasypávané. Protože sníh je porézní, je situace rozdílná od dýchání do uzavřeného objemu. Doba přežití je zde ovlivněna schopností  $\text{CO}_2$  difundovat do okolního sněhu. Nárůst  $\text{CO}_2$  v čase závisí na objemu a ploše sněhové kapsy a parametrech sněhu (difuzivitě).

**Příprava:** V přednášce budete seznámeni s problematikou přežití pod lavinou a s významem prováděného měření. Vysvětlíme Vám situaci při hypoxii a hyperkapnii a také podrobný průběh testování. Pro zjištění Vaší senzitivity na hypoxii a hyperkapnii provedeme tyto před-testy: 1) statickou apnoii, 2) spirometrii, 3) dýchání do uzavřeného prostoru.

**Průběh testování:** Po absolvování tří před-testů budete dýchat do vzduchové kapsy o objemu 400 ml, která bude pro opakovatelnost měření vytvořena pro každého testovaného zvlášť. V rámci experimentu nebudete zasypán sněhem, budete tedy mít po celou dobu měření možnost volného pohybu. Budete ležet na sněhu, na nosítkách s karimatkou, obličejem dolů. V ústech budete mít náustek, který Vám umožní dýchání do prostoru vzduchové kapsy pod Vámi. Kapsa bude svrchu překryta kovovou deskou a kryta igelitem a sněhem, aby nebyl možný únik a difuze plynů směrem nahoru. Zde bude docházet ke konvekci vzduchu ze sněhu do kapsy a difusi  $\text{CO}_2$  z kapsy do sněhu. Deskou budou procházet hadice končící v náustku probanda. Měření bude realizováno pomocí jednocestných ventilů tak, aby došlo k nádechu ze sněhové kapsy a výdechu opět zpátky do sněhové kapsy. Exspirované  $\text{CO}_2$  začne postupně způsobovat nárůst  $\text{CO}_2$  i v inspirovaném vzduchu. S rostoucím časem bude Vaše dýchání stále obtížnější. Předpokládaná doba měření bude 3 - 10 minut (závislost na objemu a ploše sněhové kapsy a poréznosti sněhu).

**Zajištění bezpečnosti:** Projekt byl prodiskutován se specialisty a zástupci Lékařské komise ČHS a Společnosti horské medicíny. Bude snímána řada fyziologických veličin (křivka EKG, srdeční frekvence, krevní tlak,  $\text{SpO}_2$ ,  $\text{EtCO}_2$ ,  $\text{FiCO}_2$ ,  $\text{EtO}_2$ ,  $\text{FiO}_2$ , dechová frekvence, dechové objemy, minutová ventilace, odpor při výdechu a tělesná teplota), které budou informovat o Vašem aktuálním zdravotním stavu. Dále s Vámi budeme v neustálém kontaktu, tzn. musíte aktivně reagovat zvednutím ruky, nohy či řešit jednoduché matematické úkoly (ukázat správný počet prstů) pro kontrolu Vaší mozkové činnosti. Měření bude ukončeno v okamžiku, kdy o to sami požádáte, pokud budete reagovat nesprávným způsobem nebo na základě hodnot z přístrojů, jež by při dalším pokračování překročily bezpečné limity organismu. K bezpečnostním opatřením patří přítomnost lékaře a příslušníků Horské služby. K dispozici bude vozidlo LRD 130 Z (sanitka) s vyškoleným zdravotníkem, vybavená pro první pomoc.

**Z měření můžete kdykoliv na vlastní žádost odstoupit.**

Řešitel: PhDr. Michal Mašek, doktorand FTVS UK, katedra fyziologie a biochemie  
Školitelka: doc. MUDr. Staša Bartůňková, CSc., FTVS UK, katedra fyziologie a biochemie  
Odborný konzultant: Ing. Ladislav Sieger, CSc. ČVUT FEL, katedra fyziky

**Souhlasím s účastí.**

Datum: 4.3. 2012

jméno vyšetřované osoby

## 10.4 Statistika lavinových nehod ve světě

Ve světě jsou v rámci ICARu (<http://www.ikar-cisa.org/eXtraEngine3/WebObjects/eXtraEngine3.woa/wa/mandant?nickName=ikar&lang=en>), který je nepsanou odbornou autoritou pro problematiku vysokohorské medicíny, sledovány statistiky lavinových nehod. Údaje jsou dostupné na internetu (<http://www.ikar-cisa.org/eXtraEngine3/WebObjects/eXtraEngine3.woa/wa/menu?id=289&lang=en>).

V Čechách tyto statistiky zpracovává bezpečnostní komise Českého horolezeckého svazu (<http://www.horosvaz.cz/index.php?cmd=page&id=74>) ve spolupráci s lékařskou komisí (<http://www.horosvaz.cz/index.php?cmd=page&id=66>) a Společností horské medicíny (<http://www.horska-medicina.cz/>).

### Příloha 3 Výběr publikací o úmrtí v lavinách a jejich příčinách

Místo	Zimní sezóna	Počet smrtelných lavinových nehod	Příčiny úmrtí	Poznámka
<sup>71</sup> Utah	1989-2006	56 úmrtí	5,4 % polytrauma, 8,9% asfyxie a polytrauma, 85,7 % asfyxie	$\bar{x}$ věk 31 let (7-59 let), 53 muži a 3 ženy
<sup>1, 52</sup> USA Colorado (33,0 %) Washington (13,2 %) Aljaška (12,0 %)	45letá studie	440 smrtelných nehod v 324 lavinách	87,7 % osob zcela zasypáno, 4,7 % částečně zasypáno, 7,6 % nezasypáno	$\bar{x}$ věk byl $27,6 \pm 10,6$ let, 87,3 % tvořili muži
<sup>70</sup> Francie Švýcarsko Itálie Rakousko	10letá studie	1447 úmrtí v alpské oblasti	25 % obětí zemřelo na polytrauma	
<sup>70</sup> Kanada	1979-1985	neuvedeno	26 % polytraumata	
<sup>70</sup> Utah	1992-1999	28	61 % polytrauma	

Místo	Zimní sezóna	Počet smrtelných lavinových nehod	Příčiny úmrtí	Poznámka
<sup>69</sup> Utah	1992-1999	28	u 79 % osob asfyxie, u 61 % poranění hlavy, z toho u 21 % těžké	
<sup>72</sup> Utah	1982-1987	91 osob strženo, 13 % zemřelo a 10 % bylo zraněno	nejčastější příčinou úmrtí byla polytraumata a asfyxie	
<sup>73</sup> Norsko	není uvedeno	12 osob ve 2 lavinách	u 3 smrtelných případů byly zlomeniny, bezprostřední příčinou smrti ve většině případů byla komprese těla s akutním respiračním a oběhovým selháním	u smrtelných případů nebyly nalezeny žádné vzduchové kapsy
<sup>67</sup> Evropa a Severní Amerika	1981-1998	průměrná roční úmrtnost vlivem lavin je 146 osob (82-226) osob	65 % akutní asfyxie, 20 % 3H syndrom 15 % trauma, celková úmrtnost 52,4 % při úplném zasypání, 4,2 % při částečném nebo žádném zasypání	přežití úplně zasypaných klesá z 91 % do 18 min. od zasypání na 34 % do 35 min., pak zůstává relativně konstantní až do nástupu dalšího poklesu, který nastane po 90 min.
<sup>51</sup> Rakousko	1996-2005	36	5,6 % polytrauma, 91,7 % asfyxie	
<sup>55</sup> Alberta a Britská Kolumbie	1984-2005	204	75 % asfyxie, 24 % trauma, 1 % hypotermie	$\bar{x}$ věk 33 (26-43) let 88 % obětí byli muži 117 obětí prošlo pitvou, z toho 87 podstoupilo soudní pitvu

<b>Místo</b>	<b>Zimní sezóna</b>	<b>Počet smrtelných lavinových nehod</b>	<b>Příčiny úmrtí</b>	<b>Poznámka</b>
<sup>55</sup> Kanada	1978-2007	329	trauma bylo příčinou úmrtí u 27 % osob	švýcarská a rakouská data uvádí převahu úmrtí na udušení, trauma okolo 5,6 %
<sup>17</sup> Švýcarsko	1970-1999	2649 osob bylo strženo lavinami, 677 zemřelo	není uvedeno	95 % lavin bylo uvolněno člověkem, 50 % při výstupu, typická oběť je muž (17-30 let) 50 % nehod o víkendech
<sup>47</sup> Rakousko	1981-2001	546	není uvedeno	54,2 % osob umírá při úplném zasypání, 24,8 % u zasažených lavinou

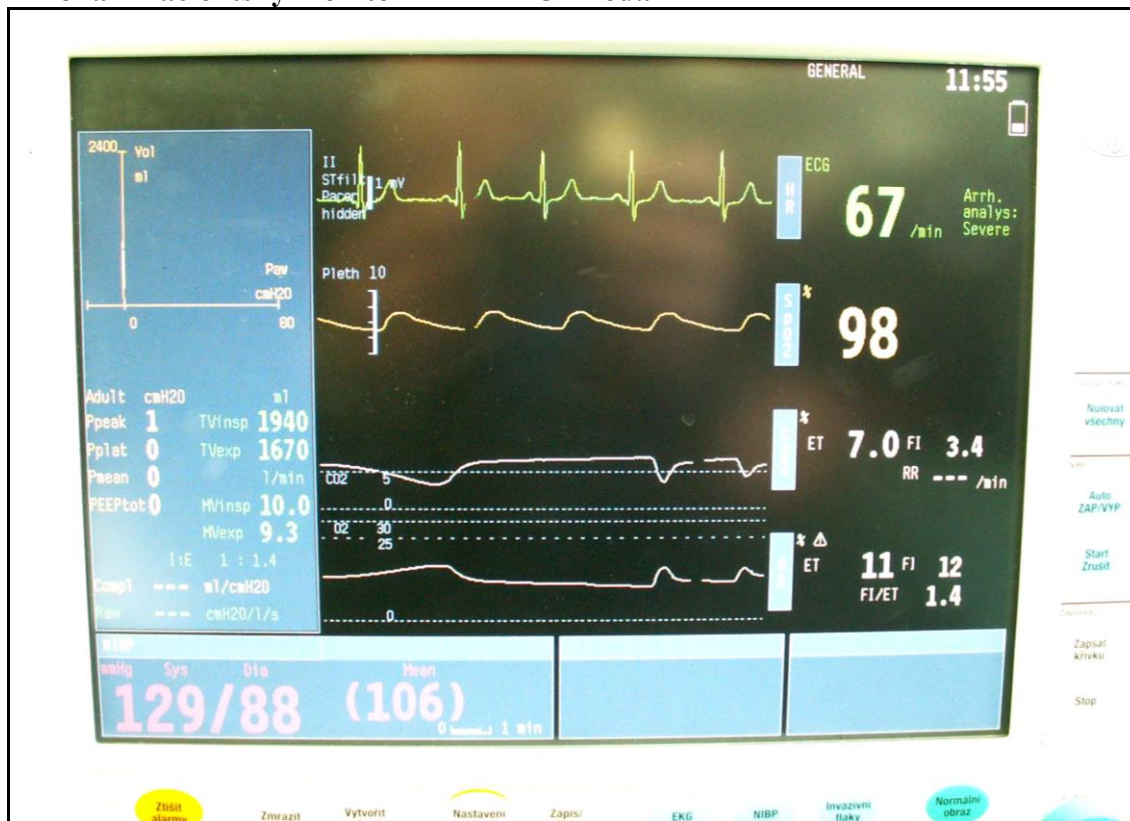
*Legenda:*

<sup>59</sup>Utah – (horní index) – odkaz na literaturu



## 10.5 Fotodokumentace experimentu

### Příloha 4 Pacientský monitor DATEX Ohmeda



### Příloha 5 Zdravotní vozidlo LRD 130 Z (sanitka) s vyškoleným zdravotníkem

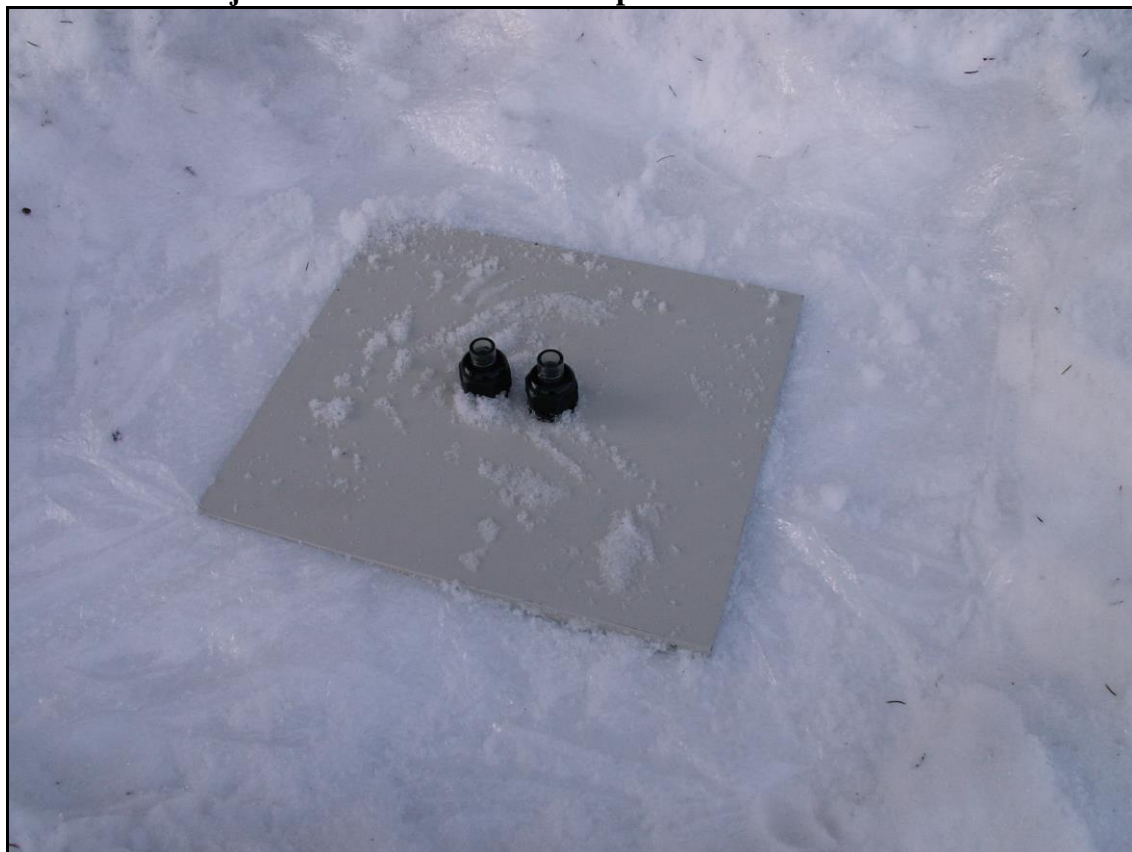




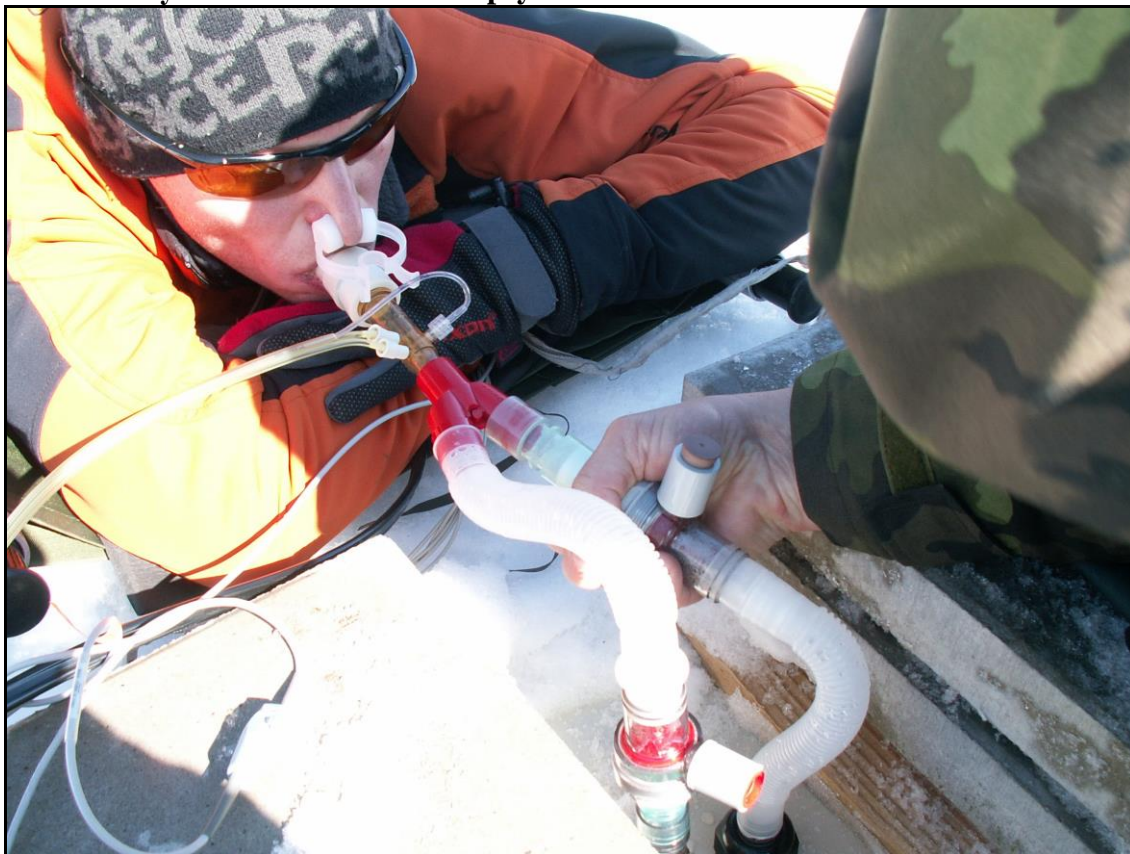
**Příloha 6 Dýchání do uzavřeného objemu**



**Příloha 7 Deska jenž utěsnila vzduchovou kapsu ve sněhu**



**Příloha 8 Dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu**



**Příloha 9 Poloha probanda při dýchání do vzduchové kapsy ve sněhu**





**Příloha 10 Detail náústku**



**Příloha 11 Detail dýchací soustavy a jednosměrných ventilů**





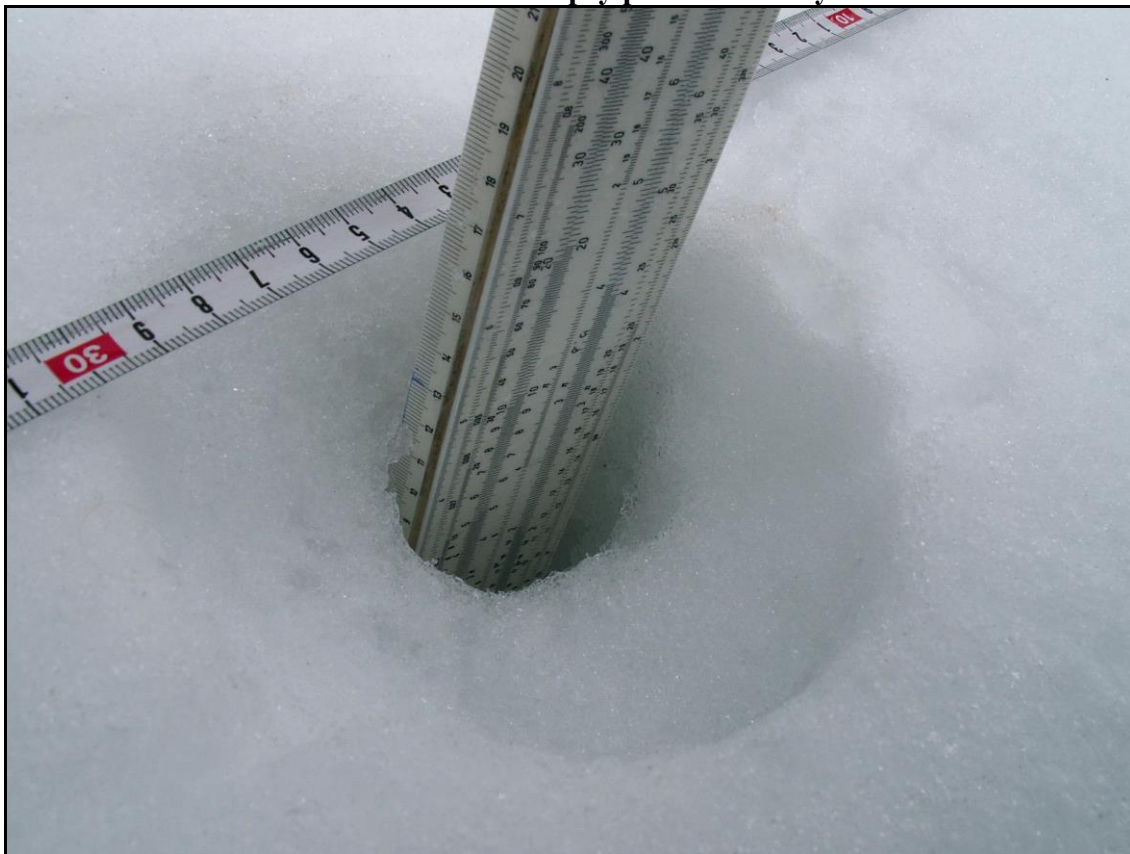
**Příloha 12 Průběžné sledování srdeční činnosti pomocí 3 svodového EKG**



**Příloha 13 Detail snímání SpO<sub>2</sub> (saturace krve)**



**Příloha 14 Měření velikosti vzduchové kapsy po ukončení dýchání do sněhu**



**Příloha 15 Detail velikosti vzduchové kapsy po ukončení dýchání do sněhu**





## 10.6 Naměřená data

Příloha 16 Tabulka s daty pro graf č. 2

Repeated Measures Analysis of Variance with Effect Sizes and Powers										
Sigma-restricted parameterization				Partial eta squared		Non-centrality		Observed power (alpha=0.05)		
Effective hypothesis decomposition	SS	Degr. of freedom	MS	F	p	squared	centrality	FICO <sub>2</sub> ve sněhu a uzavřeném objemu		
Intercept	4536.714	1	4536.714	268.7066	0.000000	0.964120	268.7066	1.000000		
Error	168.834	10	16.883							
PODMINKY	241.600	1	241.600	13.6706	0.004	0.577536	13.6706	0.913846		
Error	176.730	10	17.673							
CAS	572.753	10	57.275	75.3536	0.000	0.882940	75.3536	1.000000		
Error	76.009	100	0.760							
PODMINKYCAS	48.634	10	4.863	5.7688	0.000	0.365837	57.6882	0.999923		
Error	84.306	100	0.843							
LSD test: variable DV_1										
Probabilities for Post Hoc Tests										
Error: Within MSE = .94306, df = 100.00										
PODMINKY CAS	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	1	0.01818	2.5	3.2636	3.3727	3.7545	3.7644	3.8909	4.1818	4.0545
2	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	1	0.000	0.054	0.028	0.781	0.213	0.230	0.112	0.021	0.046
4	1	0.000	0.028	0.781	0.332	0.355	0.189	0.041	0.085	0.147
5	1	0.000	0.002	0.213	0.332	0.355	0.189	0.041	0.085	0.147
6	1	0.000	0.002	0.230	0.355	0.355	0.189	0.041	0.085	0.147
7	1	0.000	0.001	0.112	0.189	0.258	0.258	0.459	0.677	0.889
8	1	0.000	0.000	0.021	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041
9	1	0.000	0.000	0.046	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085
10	1	0.000	0.000	0.085	0.147	0.147	0.147	0.147	0.147	0.147
11	1	0.000	0.000	0.098	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
12	2	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	2	0.000	0.000	0.081	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
14	2	0.000	0.000	0.006	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
15	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.003	0.004	0.004
16	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
17	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

**Příloha 17 Tabulka s daty pro graf č. 3**

Repeated Measures Analysis of Variance with Effect Sizes and Powers											EICO <sub>2</sub> ve sněhu a uzavřeném objemu												
Sigma-restricted parameterization																							
Effective hypothesis decomposition																							
SS	Degr. of	MS	F	p	Partial eta squared	Non-centrality	Observed power (alpha=0.05)																
Intercept	7996,526	1	7996,526	435,5400	0,000000	0,977555	435,5400	1,000000															
Error	183,600	10	18,360																				
PODMINKY	45,298	1	45,298	2,2192	0,167	0,181617	2,2192	0,270968															
Error	204,117	10	20,412																				
CAS	186,041	10	18,604	60,6433	0,000	0,858444	606,4331	1,000000															
Error	30,678	100	0,307																				
PODMINKY\CAS	5,789	10	0,579	1,5991	0,118	0,137864	15,9910	0,746765															
Error	36,201	100	0,362																				
LSD test; variable DV_1																							
Probabilities for Post Hoc Tests																							
Error: Within MSE = ,36201, df = 100,00																							
PODMINKY CAS	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	
1	1	1	3,8364	4,6	4,5455	5,3727	5,4909	5,8818	5,9909	6,1273	6,2636	6,3091	4,2273	4,9364	5,6636	5,9909	6,0727	6,2909	6,5545	6,7273	6,9636	7,1545	7,4091
2	1	2	0,397	0,036	0,059	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,502	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	1	3	0,036	0,004	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,131	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	1	4	0,059	0,007	0,832	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,149	0,193	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	1	5	0,000	0,000	0,003	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,218	0,131	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	1	6	0,000	0,000	0,001	0,000	0,646	0,050	0,018	0,015	0,003	0,002	0,000	0,092	0,260	0,018	0,008	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	1	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,131	0,054	0,672	0,341	0,140	0,099	0,000	0,397	0,672	0,459	0,114	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	1	8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,054	0,672	0,596	0,290	0,218	0,000	0,205	1,000	0,750	0,397	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	1	9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,015	0,341	0,596	0,480	0,480	0,000	0,074	0,596	0,832	0,525	0,099	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000
10	1	10	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,140	0,290	0,596	0,860	0,860	0,000	0,021	0,290	0,459	0,916	0,280	0,074	0,008	0,001	0,000	0,000
11	1	11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,099	0,218	0,480	0,860	0,000	0,000	0,013	0,218	0,359	0,944	0,341	0,106	0,012	0,001	0,000	0,000
12	2	1	0,502	0,131	0,149	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13	2	2	0,001	0,000	0,193	0,131	0,092	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,205	0,750	0,459	0,205	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	2	3	0,000	0,000	0,000	0,260	0,502	0,397	0,074	0,021	0,013	0,000	0,000	0,114	0,750	0,397	0,016	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15	2	4	0,000	0,000	0,000	0,018	0,054	0,672	1,000	0,596	0,290	0,218	0,000	0,074	0,596	0,832	0,525	0,099	0,021	0,008	0,001	0,000	0,000
16	2	5	0,000	0,000	0,000	0,008	0,025	0,459	0,832	0,459	0,359	0,359	0,000	0,290	0,916	0,944	0,916	0,341	0,106	0,012	0,000	0,000	0,000
17	2	6	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,750	0,832	0,459	0,359	0,359	0,000	0,021	0,290	0,459	0,916	0,280	0,074	0,008	0,001	0,000	0,000
18	2	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,303	0,596	0,480	0,480	0,000	0,000	0,013	0,218	0,359	0,944	0,341	0,106	0,012	0,000	0,000	0,000
19	2	8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,005	0,750	0,832	0,459	0,359	0,000	0,074	0,596	0,832	0,525	0,099	0,021	0,008	0,001	0,000	0,000
20	2	9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,290	0,459	0,916	0,280	0,074	0,008	0,001	0,000	0,000
21	2	10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,218	0,359	0,944	0,341	0,106	0,012	0,000	0,000	0,000
22	2	11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,218	0,359	0,944	0,341	0,106	0,012	0,000	0,000	0,000

**Příloha 18 Tabulka s daty pro graf č. 4**

Repeated Measures Analysis of Variance with Effect Sizes and Powers																							
Sigma-restricted parameterization				Partial eta Non-squared				Observed power (alpha=0.05)				FICO <sub>2</sub> a EICO <sub>2</sub> ve sněhu											
Effective hypothesis decomposition	Degr. of Freedom	MS	F	p	squared	centrality																	
Intercept	4522.870	1	4522.870	95.8183	0.000002	0.905498	95.8183	1.000000															
Error	472.026	10	47.203																				
PODMINKY	238.413	1	238.413	257.8640	0.000	0.962668	257.8640	1.000000															
Error	9.246	10	0.925																				
CAS	213.749	10	21.375	20.5852	0.000	0.673045	205.8522	1.000000															
Error	103.836	100	1.038																				
PODMINKY*CAS	34.163	10	3.416	5.7150	0.000	0.363665	57.1498	0.999912															
Error	59.778	100	0.598																				
LSD test; variable DV_1																							
Probabilities for Post Hoc Tests																							
Error: Within MSE = .59778, df = 100.00																							
PODMINKY	CAS	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}	{21}	{22}
1	1	1	0.510	0.101	0.140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.041	0.365	0.337	0.621	0.700	1.000	0.741	0.680
2	1	2	0.510	0.023	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.085	0.163	0.805	0.762	0.869	0.297	0.510	0.741	0.805
3	1	3	0.101	0.023	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.010	0.034	0.208	0.101	0.050	0.041
4	1	4	0.140	0.034	0.889	0.014	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.018	0.016	0.050	0.273	0.140	0.072	0.060
5	1	5	0.000	0.021	0.014	0.721	0.126	0.064	0.024	0.008	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	1	6	0.000	0.008	0.005	0.721	0.239	0.133	0.056	0.021	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	1	7	0.000	0.000	0.000	0.126	0.239	0.741	0.458	0.250	0.198	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	1	8	0.000	0.000	0.000	0.064	0.133	0.741	0.680	0.410	0.337	0.583	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	1	9	0.000	0.000	0.000	0.024	0.056	0.458	0.680	0.410	0.337	0.583	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	1	10	0.000	0.000	0.000	0.008	0.021	0.250	0.410	0.337	0.583	0.891	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	1	11	0.000	0.000	0.000	0.005	0.015	0.198	0.337	0.583	0.891	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	2	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	2	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	2	3	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	2	4	0.041	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	2	5	0.365	0.012	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	2	6	0.337	0.010	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	2	7	0.621	0.034	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	2	8	0.700	0.297	0.208	0.273	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	2	9	1.000	0.510	0.101	0.140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	2	10	0.741	0.050	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	2	11	0.880	0.805	0.041	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

**Příloha 19 Tabulka s daty pro graf č. 5**

Repeated Measures Analysis of Variance with Effect Sizes and Powers																							
Sigma-restricted parameterization				Partial eta squared				Non-centrality				Observed power (alpha=0.05)											
Effective hypothesis decomposition				squared				centrality				FICO <sub>2</sub> a EICO <sub>2</sub> v uzavřeném objemu											
SS	Degr. of	MS	F	p																			
	Freedom																						
Intercept	8014.931	1	8014.931	329.6581	0.000000	0.970559	329.658	1.000000															
Error	243.129	10	24.313																				
CAS	43.924	1	43.924	49.4584	0.000	0.831815	49.458	0.999992															
Error	8.881	10	0.888																				
PODMINKY	488.946	10	48.895	102.8719	0.000	0.911404	1028.719	1.000000															
Error	47.530	100	0.475																				
CAS*PODMINKY	76.360	10	7.636	47.5766	0.000	0.826318	475.766	1.000000															
Error	16.050	100	0.160																				
LSD test; variable DV_1																							
Probabilities for Post Hoc Tests																							
Error: Within MSE = .16050, df = 100.00																							
CAS	PODMINKY	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}	{21}	{22}
1	1	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.114	0.397	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	1	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.368	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	1	3	0.000	0.000	0.058	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.427	0.170	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1	4	0.000	0.000	0.058	0.633	0.082	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.596	0.186	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
5	1	5	0.000	0.000	0.018	0.633	0.204	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.314	0.397	0.003	0.000	0.000	0.000
6	1	6	0.000	0.000	0.000	0.082	0.204	0.126	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.671	0.073	0.014	0.001	0.000
7	1	7	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.126	0.314	0.170	0.170	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.791	0.340	0.046	0.001	0.000
8	1	8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.314	0.170	0.170	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.791	0.340	0.046	0.001	0.000
9	1	9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.170	0.170	0.266	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.791	0.340	0.041	0.001	0.000
10	1	10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.014	0.266	0.139	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.791	0.340	0.139	0.002	0.000
11	1	11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.139	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.791	0.340	0.139	0.002	0.000
12	2	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.596
13	2	2	0.114	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	2	3	0.397	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	2	4	0.000	0.368	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	2	5	0.000	0.001	0.427	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
17	2	6	0.000	0.000	0.170	0.596	0.314	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.065	0.000	0.000	0.000	0.000
18	2	7	0.000	0.000	0.002	0.186	0.397	0.671	0.062	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.065	0.028	0.004	0.002	0.000
19	2	8	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.073	0.791	0.458	0.036	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.065	0.028	0.491	0.082	0.000
20	2	9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.340	0.958	0.154	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.065	0.028	0.491	0.290	0.001
21	2	10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.046	0.314	0.266	0.139	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.065	0.028	0.491	0.290	0.001
22	2	11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.041	0.340	0.596	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.065	0.028	0.491	0.290	0.001

**Příloha 20 Tabulka s daty pro graf č. 6**

Repeated Measures Analysis of Variance with Effect Sizes and Powers									
Sigma-restricted parameterization									
Effective hypothesis decomposition									
SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	Partial eta squared	Non-centrality	Observed power (alpha=0.05)		
Intercept	41154,91	1	41154,91	728,2238	0,000000	0,986454	728,2238	1,000000	
Error	565,14	10	56,51						
PODMINKY	277,31	1	277,31	5,2728	0,045	0,345240	5,2728	0,545318	
Error	525,94	10	52,59						
CAS	902,22	9	100,25	41,5336	0,000	0,805952	373,8023	1,000000	
Error	217,23	90	2,41						
PODMINKY*CAS	190,55	9	21,17	10,2612	0,000	0,506445	92,3606	1,000000	
Error	185,70	90	2,06						
LSD test; variable DV_1									
Probabilities for Post Hoc Tests									
Error: Within MSE = 2,0633, df = 90,000									
PODMINKY CAS	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
1	1	17,636	16,364	15,636	14,636	14,182	14,091	13,909	13,455
2	1	0,041	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	1	0,002	0,238	0,006	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
4	1	0,000	0,006	0,106	0,020	0,013	0,006	0,001	0,009
5	1	0,000	0,001	0,020	0,460	0,376	0,238	0,057	0,302
6	1	0,000	0,000	0,013	0,376	0,882	0,657	0,238	0,767
7	1	0,000	0,000	0,006	0,238	0,657	0,767	0,460	0,882
8	1	0,000	0,000	0,001	0,057	0,238	0,302	0,460	0,302
9	1	0,000	0,000	0,009	0,302	0,767	0,882	0,376	0,882
10	1	0,000	0,000	0,013	0,376	0,882	1,000	0,767	0,882
11	2	0,554	0,141	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	2	0,057	0,882	0,185	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000
13	2	0,000	0,020	0,238	0,657	0,238	0,106	0,020	0,141
14	2	0,000	0,000	0,002	0,141	0,460	0,554	0,657	0,657
15	2	0,000	0,000	0,000	0,020	0,106	0,141	0,238	0,185
16	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,009	0,001
17	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
18	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**FI<sub>O</sub>2 ve sněhu a uzavřeném objemu**



**Příloha 21 Tabulka s daty pro graf č. 7**

Repeated Measures Analysis of Variance with Effect Sizes and Powers																							
Sigma-restricted parameterization																							
Effective hypothesis decomposition																							
SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	Partial eta squared	Non-centrality	Observed power (alpha=0.05)	EIO <sub>2</sub> ve sněhu a uzavřeném objemu															
Intercept	37488,20	1	37488,20	728,2066	0,000000	0,986454	728,2066	1,000000															
Error	514,80	10	51,48																				
PODMINKY	21,42	1	21,42	0,3803	0,551	0,03641	0,3803	0,086578															
Error	563,21	10	56,32																				
CAS	1507,71	10	150,77	88,5382	0,000	0,898517	885,3822	1,000000															
Error	170,29	100	1,70																				
PODMINKYCAS	39,21	10	3,92	2,9016	0,003	0,224903	29,0161	0,966817															
Error	135,15	100	1,35																				
LSD test; variable DV_1																							
Probabilities for Post Hoc Tests																							
Error: Within MSE = 1,3515, df = 100,00																							
PODMINKY CAS	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	
1	1	16,909	16,818	14,818	14,273	12,273	11,727	11,273	10,636	10,545	10,364	10,545	17,364	15,636	14	13	12,545	12,273	11,273	10,364	9,6364	9	8,5455
2	1	2	0,855	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,274	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
3	1	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,102	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
4	1	4	0,000	0,000	0,274	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,583	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
5	1	5	0,000	0,000	0,274	0,000	0,274	0,046	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,145	0,583	1,000	0,046	0,000	0,000	0,000	0,000	
6	1	6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,274	0,361	0,030	0,019	0,007	0,019	0,000	0,000	0,012	0,102	0,274	0,361	0,007	0,000	0,000	0,000	
7	1	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,046	0,361	0,202	0,145	0,070	0,145	0,000	0,000	0,001	0,012	0,046	1,000	0,070	0,001	0,000	0,000	
8	1	8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,361	0,855	0,583	0,855	0,855	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,202	0,583	0,046	0,001	0,000	
9	1	9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,361	0,855	0,715	0,715	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,145	0,715	0,070	0,145	0,000	
10	1	10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,361	0,855	0,715	0,715	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,070	1,000	0,145	0,007	0,000	
11	1	11	0,000	0,000	0,000	0,001	0,019	0,361	0,855	1,000	0,715	0,715	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,145	0,715	0,070	0,002	0,000	
12	2	1	0,361	0,274	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
13	2	2	0,012	0,019	0,102	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
14	2	3	0,000	0,000	0,583	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
15	2	4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	
16	2	5	0,000	0,000	0,000	0,001	0,012	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,361	0,583	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	
17	2	6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,361	0,583	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	
18	2	7	0,000	0,000	0,000	0,046	0,361	0,202	0,145	0,070	0,145	0,000	0,000	0,000	0,001	0,145	0,583	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	
19	2	8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,583	0,715	1,000	0,715	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
20	2	9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,046	0,070	0,145	0,070	0,145	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
21	2	10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
22	2	11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

**Příloha 22 Tabulka s daty pro graf č. 8**

Repeated Measures Analysis of Variance with Effect Sizes and Powers									
Sigma-restricted parameterization									
Effective hypothesis decomposition									
SS	Degr. of freedom	MS	F	p	Partial eta squared	Non-centrality	Observed power (alpha=0.05)		
Intercept	40473.89	1	40473.89	323.2715	0.000000	0.969994	323.2715	1.000000	
Error	1252.01	10	125.20						
PODMINKY	336.29	1	336.29	87.1015	0.000	0.897015	87.1015	1.000000	
Error	36.61	10	3.86						
CAS	620.38	9	68.93	18.1548	0.000	0.644821	163.3930	1.000000	
Error	341.72	90	3.80						
PODMINKY*CAS	45.62	9	5.07	3.5231	0.001	0.260526	31.7082	0.982917	
Error	129.48	90	1.44						
LSD test; variable DV_1									
Probabilities for Post Hoc Tests									
Error: Within MSE = 1.4387, df = 90.000									
PODMINKY CAS	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
1	1	16.818	14.818	14.273	12.273	11.727	11.273	10.636	10.545
2	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	1	0.000	0.289	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1	0.000	0.289	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	1	0.000	0.000	0.000	0.289	0.054	0.002	0.001	0.001
6	1	0.000	0.000	0.000	0.054	0.377	0.036	0.009	0.023
7	1	0.000	0.000	0.000	0.002	0.217	0.158	0.079	0.158
8	1	0.000	0.000	0.000	0.001	0.158	0.859	0.723	1.000
9	1	0.000	0.000	0.000	0.009	0.079	0.595	0.723	0.723
10	1	0.000	0.000	0.000	0.001	0.158	0.859	1.000	0.723
11	2	0.113	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	2	0.377	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	2	0.023	0.113	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	2	0.000	0.723	0.479	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	2	0.000	0.217	0.859	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	2	0.000	0.158	0.723	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
17	2	0.000	0.079	0.479	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
18	2	0.000	0.009	0.113	0.023	0.001	0.000	0.000	0.000
19	2	0.000	0.113	0.595	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
20	2	0.000	0.158	0.723	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000

### Příloha 23 Tabulka s daty pro graf č. 9

[illegible]

**Příloha 24 Tabulka s daty pro graf č. 10**

Repeated Measures Analysis of Variance with Effect Sizes and Powers											Minutová ventilace ve sněhu a uzavřeném objemu												
Sigma-restricted parameterization					Partial eta squared		Non-centrality		Observed power (alpha=0.05)														
Effective hypothesis decomposition																							
SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	squared	centrality	power																
Intercept	1	184376.6	233.4697	0.000000	0.968927	233.470	1.000000																
Error	7897.2	789.7																					
PODMINKY	2508.5	1	2508.5	23.0130	0.001	0.697089	23.013	0.990348															
Error	1090.1	10	109.0																				
CAS	34463.1	10	3446.3	134.8687	0.000	0.930972	1348.687	1.000000															
Error	2555.3	100	25.6																				
PODMINKY*CAS	1385.7	10	138.6	5.6847	0.000	0.362436	56.847	0.999905															
Error	2437.5	100	24.4																				
LSD test; variable DV_1																							
Probabilities for Post Hoc Tests																							
Error: Within MSE = 24.375, df = 100.00																							
PODMINKY CAS		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
1	1	13.314	14.377	15.795	19.086	26.418	30.173	36.755	41.732	44.555	47.355	49.482	52.236	54.841	57.177	59.632	62.219	64.986	67.818	70.918	74.323	78.005	81.955
2	1	0.615	0.241	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.312	0.826	0.705	0.553	0.180	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	1	0.241	0.502	0.121	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.094	0.651	0.770	0.938	0.501	0.083	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1	0.007	0.028	0.121	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.046	0.066	0.104	0.377	0.850	0.079	0.000	0.000	0.000	0.000
5	1	0.000	0.000	0.000	0.001	0.078	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.090	0.238	0.000	0.000	0.000
6	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.553	0.007	0.000	0.000
7	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.684	0.070	0.000
8	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.183	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.594	0.088
9	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.183	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.064	0.705
10	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.187	0.187	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.344
11	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053
12	2	0.610	0.312	0.094	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.219	0.219	0.166	0.110	0.020	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	2	0.470	0.826	0.651	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.166	0.873	0.873	0.708	0.261	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	2	0.378	0.705	0.770	0.066	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.087	0.708	0.829	0.829	0.335	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	2	0.273	0.553	0.938	0.104	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.110	0.708	0.829	0.829	0.453	0.070	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
16	2	0.067	0.180	0.501	0.377	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.261	0.335	0.453	0.284	0.284	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
17	2	0.004	0.017	0.083	0.850	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.030	0.043	0.070	0.284	0.117	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
18	2	0.000	0.000	0.001	0.079	0.090	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
19	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.238	0.553	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.001	0.000	0.000
20	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.694	0.007	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.028	0.000	0.000
21	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070	0.594	0.064	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.000	0.026
22	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.088	0.705	0.344	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.000	0.026

**Příloha 25 Tabulka s daty pro graf č. 11**

Repeated Measures Analysis of Variance with Effect Sizes and Powers																					
Sigma-restricted parameterization				Partial eta squared				Non-centrality				Observed power (alpha=0.05)									
SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	squared	centrality	centrality	centrality	centrality	centrality	centrality	centrality	centrality	centrality	centrality	centrality	centrality	centrality	centrality	centrality	centrality
Intercept	724228171	1	724228171	372.5676	0.000000	0.973861	372.5676	1.000000													
Error	19438842	10	1943884																		
PODMINKY	10771	1	10771	0.0507	0.826	0.005048	0.0507	0.054805													
Error	2122892	10	212289																		
CAS	31329753	10	3132975	8.5417	0.000	0.460674	85.4168	1.000000													
Error	36676695	100	366787																		
PODMINKY CAS	4487281	10	448728	2.7176	0.005	0.213688	27.1760	0.954147													
Error	16511921	100	165119																		
LSD test; variable DV_1																					
Probabilities for Post Hoc Tests																					
Error: Within MSE = 1651E2, df = 100.00																					
PODMINKY CAS	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}	{21}
1	1	1122.7	1299.1	1509.1	1807.7	2116.8	2270	2019.5	1953.6	1529.1	1815	1660	854.18	1397.7	1460.9	1620.5	1825	2108.2	2401.4	2218.2	2046.8
2	1	0.311	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.000	0.003	0.124	0.116	0.054	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
3	1	0.228	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.187	0.004	0.040	0.012	0.552	0.282	0.067	0.003	0.000	0.000	0.000	0.071
4	1	0.088	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	1	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	1	0.021	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	1	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	1	0.003	0.040	0.386	0.396	0.010	0.001	0.041	0.093	0.452	0.373	0.000	0.000	0.133	0.253	0.820	0.343	0.011	0.000	0.002	0.028
12	2	0.124	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	2	0.116	0.570	0.522	0.020	0.000	0.000	0.001	0.002	0.450	0.018	0.133	0.002	0.716	0.202	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	2	0.054	0.353	0.782	0.048	0.000	0.000	0.002	0.005	0.695	0.044	0.253	0.001	0.202	0.359	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	2	0.005	0.067	0.522	0.282	0.005	0.000	0.023	0.057	0.589	0.264	0.820	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	0.527	0.293	0.001	0.000
16	2	0.000	0.003	0.071	0.921	0.095	0.012	0.264	0.460	0.091	0.954	0.443	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	2	0.000	0.000	0.001	0.086	0.960	0.363	0.610	0.375	0.001	0.094	0.111	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	2	0.000	0.000	0.000	0.001	0.104	0.450	0.030	0.011	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.094	0.293	0.000	0.000
19	2	0.000	0.000	0.000	0.020	0.560	0.766	0.254	0.130	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.527	0.293	0.001	0.000
20	2	0.000	0.000	0.002	0.171	0.887	0.201	0.875	0.592	0.004	0.184	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.724	0.293	0.001	0.000
21	2	0.005	0.071	0.542	0.299	0.005	0.000	0.022	0.053	0.621	0.251	0.000	0.000	0.213	0.376	0.975	0.018	0.005	0.000	0.001	0.014
22	2	0.103	0.531	0.561	0.023	0.000	0.000	0.001	0.002	0.487	0.021	0.002	0.002	0.952	0.761	0.223	0.018	0.000	0.000	0.000	0.235



**Příloha 26 Tabulka s daty pro graf č. 12**

Repeated Measures Analysis of Variance with Effect Sizes and Powers																								
Sigma-restricted parameterization					Partial eta squared					Non-centrality					Observed power (alpha=0.05)									
Effective hypothesis decomposition															Dechová frekvence ve sněhu a uzavřeném objemu									
SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	squared	centrality																		
Intercept	89522.22	1	89522.22	64.36549	0.000011	0.865529	64.3655	1.000000																
Error	13908.42	10	1390.84																					
PODMINKY	871.11	1	871.11	4.94745	0.050	0.330990	4.9475	0.519667																
Error	1760.72	10	176.07																					
CAS	21333.81	10	2133.38	14.47971	0.000	0.591498	144.7971	1.000000																
Error	14733.59	100	147.34																					
PODMINKYCAS	2402.74	10	240.27	1.92922	0.050	0.161722	19.2922	0.838993																
Error	12454.46	100	124.54																					
LSD test; variable DV_1																								
Probabilities for Post Hoc Tests																								
Error: Within MSE = 124.54, df = 100.00																								
PODMINKY	CAS	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}	{21}	{22}	
1	1	1	13.726	11.186	10.738	10.997	15.405	14.465	22.456	28.802	37.341	30.649	36.672	16.248	11.257	11.604	10.136	9.5288	9.6215	9.7614	15.778	24.521	36.439	35.803
2	1	2	0.595	0.531	0.568	0.725	0.877	0.070	0.002	0.000	0.001	0.000	0.597	0.605	0.657	0.452	0.380	0.390	0.407	0.667	0.025	0.000	0.000	
3	1	3	0.531	0.925	0.968	0.377	0.492	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.290	0.988	0.930	0.826	0.728	0.743	0.765	0.337	0.006	0.000	0.000	
4	1	4	0.568	0.968	0.957	0.329	0.435	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.250	0.913	0.856	0.900	0.800	0.815	0.838	0.292	0.005	0.000	0.000	
5	1	5	0.725	0.377	0.329	0.356	0.468	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.272	0.956	0.899	0.857	0.758	0.773	0.796	0.317	0.005	0.000	0.000	
6	1	6	0.877	0.492	0.435	0.468	0.844	0.142	0.006	0.003	0.000	0.000	0.080	0.385	0.502	0.549	0.365	0.302	0.314	0.325	0.783	0.037	0.000	
7	1	7	0.070	0.020	0.016	0.018	0.142	0.096	0.185	0.002	0.088	0.004	0.195	0.021	0.025	0.011	0.008	0.008	0.008	0.009	0.164	0.665	0.004	
8	1	8	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003	0.006	0.002	0.076	0.699	0.101	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.371	0.112	0.144	
9	1	9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.163	0.888	0.088	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.850	0.747	0.006	
10	1	10	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.008	0.088	0.699	0.163	0.209	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.201	0.227	0.281	
11	1	11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.004	0.101	0.888	0.209	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
12	2	1	0.597	0.290	0.250	0.272	0.860	0.709	0.195	0.010	0.000	0.003	0.000	0.297	0.331	0.202	0.161	0.167	0.176	0.922	0.085	0.000	0.000	
13	2	2	0.605	0.988	0.913	0.956	0.385	0.502	0.021	0.000	0.000	0.000	0.297	0.942	0.942	0.814	0.717	0.732	0.754	0.344	0.006	0.000		
14	2	3	0.657	0.930	0.856	0.899	0.426	0.549	0.025	0.000	0.000	0.000	0.331	0.942	0.942	0.758	0.664	0.678	0.699	0.382	0.008	0.000		
15	2	4	0.452	0.826	0.900	0.857	0.271	0.365	0.011	0.000	0.000	0.000	0.202	0.814	0.758	0.889	0.889	0.914	0.937	0.239	0.003	0.000		
16	2	5	0.380	0.728	0.800	0.758	0.220	0.302	0.008	0.000	0.000	0.000	0.161	0.717	0.664	0.899	0.984	0.984	0.977	0.192	0.002	0.000		
17	2	6	0.390	0.743	0.815	0.773	0.227	0.311	0.008	0.000	0.000	0.000	0.167	0.732	0.678	0.914	0.984	0.977	0.977	0.199	0.002	0.000		
18	2	7	0.407	0.765	0.838	0.796	0.238	0.325	0.009	0.000	0.000	0.000	0.176	0.754	0.699	0.937	0.961	0.977	0.209	0.003	0.000	0.000		
19	2	8	0.667	0.337	0.292	0.317	0.938	0.783	0.164	0.007	0.000	0.002	0.000	0.922	0.344	0.382	0.239	0.192	0.199	0.209	0.009	0.000		
20	2	9	0.025	0.006	0.005	0.005	0.058	0.037	0.665	0.371	0.006	0.012	0.000	0.085	0.006	0.006	0.003	0.002	0.002	0.003	0.009	0.014	0.020	
21	2	10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.112	0.850	0.227	0.961	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.994		
22	2	11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.144	0.747	0.281	0.855	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.994		

**Příloha 27 Tabulka s daty pro graf č. 13**

Repeated Measures Analysis of Variance with Effect Sizes and Powers																							
Sigma-restricted parameterization																							
Effective hypothesis decomposition																							
SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	Partial eta squared	Non-centrality	Observed power (alpha=0.05)					SpO2 ve sněhu a uzavřeném objemu											
Intercept	1905152	1	1905152	6749.548	0.000000	0.998521	6749.548	1.000000															
Error	2823	10	282																				
PODMINKY	3498	1	3498	8.610	0.015	0.462663	8.610	0.753273															
Error	4062	10	406																				
CAS	23852	10	2385	78.040	0.000	0.886416	78.0405	1.000000															
Error	3056	100	31																				
PODMINKYCAS	2122	10	212	4.175	0.000	0.294546	4.1753	0.997237															
Error	5082	100	51																				
LSD test; variable DV_1																							
Probabilities for Post Hoc Tests																							
Error: Within MSE = 50.817, df = 100.00																							
PODMINKY CAS	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}	{21}	{22}	
1	1	98.909	98.909	98.727	95.909	91.091	87	82	75.818	73.273	68.545	64	98.727	99.273	98.818	98.091	97.182	96.091	94.182	91.727	88	82.364	73.364
2	1	1.000	0.952	0.326	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.952	0.905	0.976	0.788	0.571	0.356	0.123	0.020	0.001	0.000	0.000
3	1	1.000	0.952	0.326	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.952	0.905	0.976	0.788	0.571	0.356	0.123	0.020	0.001	0.000	0.000
4	1	0.952	0.326	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.326	0.271	0.341	0.203	0.048	0.013	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000
5	1	0.326	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.008	0.013	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	1	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	2	1	0.952	0.952	1.000	0.356	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.952	0.905	0.976	0.835	0.612	0.388	0.138	0.023	0.001	0.000	0.000
13	2	2	0.905	0.905	0.858	0.271	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.858	0.881	0.881	0.688	0.493	0.298	0.097	0.015	0.000	0.000	0.000
14	2	3	0.976	0.976	0.935	0.341	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.976	0.881	0.811	0.592	0.372	0.130	0.022	0.001	0.000	0.000	0.000
15	2	4	0.788	0.788	0.835	0.475	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.835	0.698	0.811	0.766	0.512	0.201	0.039	0.003	0.000	0.000	0.000
16	2	5	0.571	0.571	0.612	0.676	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.612	0.493	0.592	0.766	0.720	0.326	0.076	0.003	0.000	0.000	0.000
17	2	6	0.356	0.356	0.388	0.676	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.388	0.298	0.372	0.512	0.720	0.326	0.076	0.003	0.000	0.000	0.000
18	2	7	0.123	0.123	0.138	0.571	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.138	0.097	0.130	0.201	0.326	0.076	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
19	2	8	0.020	0.020	0.023	0.172	0.085	0.123	0.002	0.000	0.000	0.000	0.023	0.015	0.022	0.039	0.076	0.154	0.045	0.003	0.000	0.000	0.000
20	2	9	0.001	0.001	0.001	0.312	0.743	0.051	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.003	0.009	0.045	0.023	0.001	0.000	0.000
21	2	10	0.000	0.000	0.000	0.005	0.130	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.007	0.000	0.000
22	2	11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000

